NOTICE SUR LES TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Le Dr PAUL REGNARD

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

DIRECTEUR ADJOINT A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES

COULOMMIERS

IMPRIMERIE P. BRODARD ET GALLOIS

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

De M. P. REGNARD

NOTICE SUR LES TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. LE Dr PAUL REGNARD

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

DIRECTEUR ADJOINT A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES

COULOMMIERS

IMPRIMERIE P. BRODARD ET GALLOIS

CONCOURS ET NOMINATIONS

1872. Externe des hôpitaux (1er).

1874. Interne des hôpitaux de Paris.

1875. Préparateur au laboratoire de physiologie de l'École des hautes études.

1876. Préparateur à la Faculté des sciences de Paris.

1878. Docteur en médecine.

1878. Professeur à l'Institut national agronomique.

1879. Directeur adjoint du laboratoire de physiologie, à la Sorbonne.

1879. Lauréat de la Faculté de médecine de Paris (médaille d'argent).

1882. Lauréat de l'Institut (prix Lallemand).

1883. — Prix Montyon (physiologie expérimentale).

1877. — Mention très honorable (prix Montyon).

1878. Membre de la Société de biologie.

1879. Membre de la Société zoologique de France.

1880. Membre de la Société française de physique.

1881. Membre de la Commission de publication au Comité des travaux historiques et scientifiques (ministère de l'Instruction publique).

1879. Membre adjoint à la Commission du grisou (loi du 26 mars 1877).

1882. Membre de la Commission de rendement (ministère de l'Agriculture et du Commerce).

1882. Membre de la Commission de l'Enseignement scientifique dans les écoles normales (ministère de l'Instruction publique).

1884. Membre de la Commission pour l'étude des sauvetages dans les milieux irrespirables (Préfecture de police).

1880. Mission en Russie, Finlande et États scandinaves (arrêté du ministre de l'Agriculture du 5 août 1880).

ENSEIGNEMENT

1878-1887. Cours de physiologie générale à l'Institut national agronomique.

1879-1883. Conférences pratiques de physiologie au laboratoire de la Sorbonne (École des hautes études).

1878-1887. Conférences élémentaires sur les notions de la physiologie aux écoles municipales d'infirmiers de la ville de Paris (hôpital de la Pitié, hospice de la Salpêtrière).

I

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

1. — Recherches expérimentales sur les variations pathologiques des combustions respiratoires.

(Un volume grand in-8° avec 100 figures. Delahaye, Paris, 1879.)

Dans la rédaction de cet ouvrage, nous sommes parti de ce point de vue que l'histoire do la respiration domine, en physiologio, celle de toutes les autres fonctions, dont elle est en réalité le but. N'est-ce pas surtout pour obtenir de la chaleur et du mouvement que nous digérons? n'est-ce pas en partie pour que nos aliments soient brûlés dans tous les points de notre organisme que notre sang circule?

A. — Au point de vue de la physiologie générale, l'être vivant est composé d'une infinité d'organites, vivant d'une manière indépendante.

Chaque élément anatomique est un être à part.

Cet être absorbe l'oxygène et se brûle à son contact; *il respire*. C'est là la respiration élémentaire, la respiration des tissus. C'est elle surtout que modifie l'état anormal (ou plutôt l'état normal exagéré ou diminué) qui constitue la maladie.

Nous devions donc, avant toutes choses, étudier l'influence qu'ont sur les oxydations intimes les grandes conditions pathologiques que nous pouvons reproduire expérimentalement. C'est l'objet de notre première partie.

B. — Mais cet être isolé, cet organite enfoui au milieu de notre corps ne reçoit pas directement l'oxygène. Bert a même démontré que, pour la cellule, l'oxygène libre est une cause de mort. Comme l'a dit Bernard, ce serait une erreur de penser que nous vivons dans le monde extérieur. En

réalité, nous n'avons pas de contact direct avec lui, nous n'y vivons pas. La vérité est que nous vivons dans notre milieu intérieur, dans notre sang.

C'est le sang qui se charge d'oxygène et qui vient l'apporter à nos tissus. Que la maladie apporte une modification à ce sang, il en résultera deux choses :

1° Il contiendra moins ou plus d'oxygène, et en apportera moins ou davantage aux tissus. Voilà donc que notre étude s'agrandit et qu'il nous faut étudier les modifications pathologiques des gaz du sang.

2° Si la modification est plus complète, il pourra survenir que le milieu intérieur soit annihilé, que le sang ne puisse plus absorber l'oxygène et que les tissus en soient à peu près privés d'une manière permanente. Il nous faut donc étudier l'influence qu'ont les actes morbides sur la *capacité respiratoire du sang*.

Voilà pour le milieu intérieur, mais notre étude serait stérile si nous ne possédions encore un élément du problème.

3° Cet oxygène que le sang va porter aux tissus, il s'en empare dans un appareil spécial, l'appareil respiratoire. Si une cause morbide quelconque vient entraver ou exagérer le jeu des organes respiratoires, si l'air entre en plus petite quantité dans la cage thoracique ou s'il y circule plus vite, il arrivera finalement plus ou moins d'oxygène au sang et aux tissus, d'où une variation dans les combustions. Après avoir étudié le *milieu intérieur*, le sang, il nous faut rechercher l'influence qu'a la maladie sur l'apport du *milieu extérieur*, de l'oxygène atmosphérique.

C. — Les deux premières parties de notre travail nous ont ainsi amené à connaître les causes et les modes des variations pathologiques dans les combustions organiques. Il nous reste encore à mesurer ces variations elles-mêmes. Or, une pareille évaluation peut se faire directement par la mesure de la quantité de chaleur produite, par la *calorimétrie*; elle peut encore être obtenue d'une manière indirecte en tenant compte des produits comburés, en dosant l'*urée* et l'*acide carbonique*.

Après avoir parcouru ces diverses phases de notre étude, nous possédons tous les éléments que peut fournir l'expérience sur le sujet qui nous occupe.

Nous savons ce qui se passe dans l'intimité des tissus au moment où

les oxydations s'exagèrent. Nous savons en quoi les divers processus pathologiques peuvent influer sur les milieux où se passent les combustions; nous savons enfin ce que sont leurs produits en qualité et en quantité.

Chacun de nos chapitres est précédé d'une description détaillée de la méthode que nous avons employée, soit qu'elle ait déjà été utilisée par nos prédécesseurs, soit que nous ayons dû l'improviser nous-même. Nous attribuons la plus grande importance à cette description : un résultat expérimental tire toute son importance de la méthode par laquelle il a été obtenu : ne pas la citer, c'est mettre son lecteur dans l'impossibilité de juger l'exactitude de ce qu'on avance et de mesurer la précision qu'on a mise dans ses recherches.

Nous sommes persuadé que bien des résultats seraient absolument rejetés si on connaissait les procédés par lesquels ils ont été acquis. Si la technique était toujours signalée, on ne serait pas exposé à mettre sur le même pied et à opposer l'un à l'autre des travaux dont les uns ont été faits avec des soins minutieux et d'autres publiés hâtivement et sans précautions expérimentales. — Pour l'homme qui ne s'occupe que des conclusions sans s'arrêter à la critique expérimentale, tous les résultats sont égaux, fussent-ils dissemblables, et il ne reste, pour se faire une opinion, que la pitoyable méthode des moyennes, dont on a fait depuis longtemps justice. On nous pardonnera donc d'avoir insisté longuement sur nos procédés de laboratoire. Si notre travail a quelque valeur, on reconnaîtra qu'il a été exécuté par des méthodes qui sont une garantie de sincérité et d'exactitude.

Nous ne nous sommes pas contenté d'ailleurs de décrire nos appareils personnels; dans bien des cas, nous avons cru devoir entrer dans quelques détails sur des instruments nouveaux, peu connus des médecins : n'était-ce point le seul moyen de les mettre à même de nous juger?

Enfin, toutes les fois que nous l'avons cru nécessaire, nous avons fait précéder notre étude pathologique d'un court exposé des faits physiologiques qui s'y rattachaient. Non pas que nous ayons essayé d'être complet sur ce point ; mais dans beaucoup de cas il était nécessaire d'établir le terrain sur lequel nous nous avancions et de bien fixer l'état normal pour en déduire la modification introduite par la maladie.

En résumé, notre étude comprend les quatre grandes divisions suivantes :

A. — Variations pathologiques de la *respiration élémentaire*.

B. — Variations pathologiques du *milieu intérieur*.

C. — Variations apportées par la maladie dans l'action du *milieu extérieur*.

D. — Variations pathologiques des *produits de combustion*.

A. — Variations pathologiques de la respiration élémentaire.

Nous commençons par rappeler les travaux de Spallanzani et de Paul Bert; nous reproduisons la discussion qui s'est établie avec Hermann.

Puis nous abordons l'étude des conditions pathologiques, partie absolument encore inexplorée.

1° Comment respirent les tissus en présence d'une quantité trop forte ou trop faible d'oxygène?

2° Comment respirent-ils en présence des températures incompatibles avec l'état physiologique?

La solution de la première question nous amène à comprendre les modifications qu'apportent dans les combustions intimes certaines altérations du sang qui ne peut plus dissoudre d'oxygène et en fournir aux tissus. Elle nous permettra encore d'avoir une notion de ce qui se passe quand des conditions spéciales viennent gêner la ventilation pulmonaire et entraver l'oxygénation du sang, ce qui a encore pour résultat une véritable asphyxie des éléments.

Quant à l'étude de la seconde question, celle qui se rapporte à la température, elle nous permet d'envisager d'emblée ce qui se passe pendant la fièvre dans la respiration intime des tissus, alors que l'excès de chaleur leur a imprimé des dégénérescences et des modifications qui diminuent leur activité respiratoire.

Pour l'étude de la première question, nous plaçons du tissu musculaire dans des atmosphères de plus en plus pauvres en oxygène. Nous dosons, après un temps donné, l'oxygène disparu, et nous trouvons qu'il est proportionnel à la quantité préexistante dans l'atmosphère. La courbe de la richesse de l'air en oxygène et celle de la consommation du tissu peuvent exactement s'emboîter l'une dans l'autre.

Pour juger la deuxième question, nous prenons du sang saturé d'oxygène et nous le laissons dans l'appareil successivement pendant un même temps à des températures que nous fixons. Nous analysons ensuite ce sang et l'oxygène perdu nous donne la consommation. En réunissant nos résultats en graphique nous obtenons la courbe ci-jointe (fig. 1).

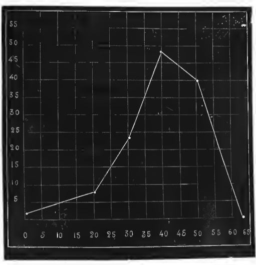


Fig. 1.

Elle nous montre que c'est vers 40° qu'est l'optimum de la combustion. A partir de là, il y a plutôt une diminution dans l'oxygène absorbé.

Ce que nous avions fait pour le sang, nous avons voulu le faire pour tous les tissus.

Nous placions alors le tissu en expérience dans l'appareil ici figuré (fig. 2).

Dans un flacon F à deux tubulures fermées par un bouchon de caoutchouc, se trouve suspendu un fragment de viande. Le flacon est lui-même

renfermé dans une enceinte à température constante de d'Arsonval. L'une des tubulures est en rapport par un tube en caoutchouc épais avec une soupape de Müller, M, qui sépare l'atmosphère du flacon de l'air ambiant et qui sert en même temps d'entrée à l'air qui viendra circuler autour du tissu en expérience.

L'autre tubulure communique avec une série d'appareils d'absorption

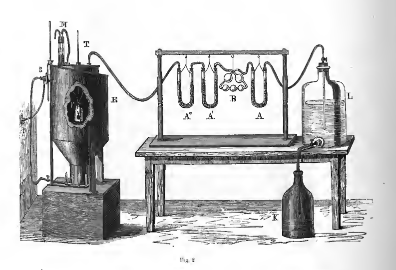


Fig. 2

ainsi construits. Un premier tube en U, A″, est rempli de ponce imbibée d'acide sulfurique et sert à dessécher complètement l'air qui sera analysé.

Un tube de Liebig B est rempli d'une solution très concentrée de potasse caustique.

Le tube A est plein de ponce sulfurique et sert à arrêter la vapeur d'eau qui pourrait s'échapper du tube B et en diminuer le poids.

Les choses étant ainsi disposées, on procède de la manière suivante à une expérience.

On pèse très exactement un fragment de viande pris immédiatement après la mort de l'animal et on le suspend en F. Puis on pèse au trébuchet d'analyse les tubes B et A. On met tout en place, on note la température de l'étuve et on ouvre lentement l'aspirateur L. Pendant dix à douze heures,

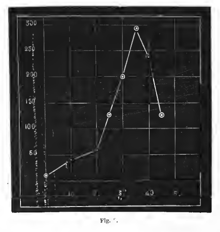


Fig. ?.

l'air vient circuler autour du morceau de tissu en expérience, puis il va barboter dans le tube B, où il abandonne son acide carbonique. Après l'expérience, on pèse de nouveau les tubes B, A, et, de leur augmentation de poids, on déduit la production d'acide carbonique. Un calcul de proportions des plus simples permet de convertir les milligrammes en centimètres cubes. On ramène au kilogramme et à l'heure et on a des résultats comparables.

En réunissant en courbe les résultats que nous ont donnés les expériences, nous obtenons la figure ci-dessus, qui nous prouve que l'optimum de la respiration des tissus est, lui aussi, fixé vers 40° (fig. 3).

Chose curieuse, chez les animaux à sang froid, l'optimum semble placé vers 35°; une température plus élevée est d'ailleurs incompatible avec l'intégrité des fonctions de leur système nerveux (Bert).

Cette étude se termine par celle de la respiration des tissus pathologiques (cancer, sarcomes, etc.). La respiration de ces tissus est comparable à celle du muscle, elle est donc très active.

Nos conclusions sont les suivantes :

1° Toutes les fois que, par suite d'un état pathologique quelconque, il y aura apport moindre d'oxygène aux tissus, les combustions intimes seront diminuées et il y aura une production de chaleur moindre.

2° Toutes les fois que la température à laquelle les éléments seront exposés sera diminuée, les échanges, les combustions diminueront encore. D'où une sorte de cercle vicieux, amenant une diminution toujours progressive des échanges et finalement les états où la nutrition des tissus change non seulement d'intensité, mais encore de nature (cachexies).

3° Toutes les fois que les éléments seront subitement exposés à une température très élevée (au-dessus de 42°), ils s'altéreront, les échanges seront diminués ou supprimés, et la mort de l'élément, sinon celle de l'individu, en sera la conséquence.

B. — Variations pathologiques du milieu intérieur.

Nous avons dit que la maladie pouvait non seulement atteindre l'élément anatomique lui-même et en modifier la respiration, mais qu'elle pouvait encore agir sur le milieu intérieur auquel les organites empruntent l'oxygène, sur le *sang*.

Or, les modifications imprimées au sang peuvent être de deux sortes : ou bien la composition chimique de ce liquide demeure normale et les causes morbides occasionnelles ne viennent faire varier les gaz qu'il contient que momentanément, ou bien une action plus profonde le prive de son pouvoir absorbant, et le milieu intérieur se trouve plus ou moins frappé d'une manière définitive.

Nous avons donc eu à étudier :

1° Les variations introduites par la maladie dans l'*oxygène contenu dans le sang* resté normal;

2° Les variations créées par les processus morbides dans le *pouvoir absorbant* de ce liquide.

Suivant le principe que nous avons adopté, nous avons fait précéder cette étude de l'historique et de l'exposé des méthodes techniques.

Nous en arrivons rapidement aux variations dues à l'état pathologique.

L'*anémie* aiguë et chronique fait l'objet de notre première étude. Qu'elle agisse par diminution des globules rouges ou par diminution de la pression sanguine, elle a toujours pour résultat une diminution dans les gaz dissous dans le sang, diminution qui porte sur l'oxygène.

La *fièvre* nous occupe ensuite. Elle augmente certainement les combustions, mais comme elle augmente aussi la ventilation pulmonaire, l'étude des gaz du sang devient particulièrement difficile.

L'*urémie*, l'*ammoniémie* expérimentales nous donnent aussi des résultats intéressants.

Enfin nous terminons par l'étude de la *septicémie*.

Mais notre travail n'était pas achevé. Il nous restait à faire l'étude la plus importante de l'hématologie, la recherche du pouvoir absorbant du sang, ou, comme on dit par abréviation, l'étude de sa capacité respiratoire. — C'est elle, en effet, qui domine toute la situation. — Tout ce que nous avons dit s'applique à l'état transitoire de l'oxygène dans le sang suivant les conditions mécaniques qui règlent sa dissolution ou suivant les processus chimiques qui président à son utilisation.

Mais à côté de cela le milieu intérieur subit des atteintes pathologiques qui le modifient à tout jamais. L'état du milieu intérieur dépend donc absolument de la capacité respiratoire du globule.

C. — Variations de la capacité respiratoire du sang.

Nous commençons encore par l'étude des méthodes directes et indirectes de dosage de l'hémoglobine, nous donnons à celles-ci la préférence, puis nous exposons la méthode qui sert à fixer par l'absorption de l'oxygène la capacité respiratoire du sang. A cette étude succède celle des variations pathologiques.

L'expérimentation chez les animaux est ici facile. Elle nous permet d'étudier l'influence de la cachexie, de l'anémie, de la septicémie.

Passant aux études faites à l'hôpital, nous examinons l'action de la

variole, de la rougeole, de la tuberculose, du cancer, de la chlorose, et surtout de la diphtérie, où nous trouvons une diminution énorme du pouvoir absorbant du sang. Nous terminons par l'étude du diabète et de l'albuminurie.

En résumé, le milieu intérieur chargé d'apporter aux éléments l'oxygène nécessaire aux combustions intimes peut être affecté de plusieurs façons :

1° Il peut conserver toute sa puissance chimique, mais contenir temporairement moins d'oxygène, par suite d'une perte, d'un apport moindre de ce gaz au poumon dépendant des variations de la circulation ou de la mécanique respiratoire, et d'autre part d'une consommation exagérée dans les tissus (variations pathologiques des gaz du sang).

2° Il peut contenir une moindre quantité d'oxygène par suite d'une lésion directe du sang ayant annihilé l'hémoglobine ou l'ayant rendue incapable d'absorber l'oxygène.

Le résultat final est le même ; il arrive des quantités variables d'oxygène aux tissus et les combustions organiques sont modifiées.

D. — Variations pathologiques du milieu extérieur.

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que deux choses dans les modifications des combustions élémentaires :

1° Nous avons vu les variations que des conditions déterminées leur faisaient subir, prises en elles-mêmes.

2° Nous avons examiné les modifications qui pouvaient se produire dans la composition du milieu dans lequel les éléments respirent, dans le sang.

Mais ce milieu, nous le savons, n'est qu'un intermédiaire, il a pour effet de puiser l'oxygène dans l'air extérieur : si les conditions dans lesquelles cet air extérieur lui est amené varient, la quantité d'oxygène entraîné vers les tissus variera aussi et les combustions se modifieront dans le même sens.

C'est donc maintenant vers les variations du milieu extérieur que doivent tendre nos recherches.

Notre étude du milieu extérieur se trouve donc naturellement scindée en deux parties : méthode directe ou spirométrie, méthode indirecte ou pneumographie.

Après avoir donné les descriptions de tous les spiromètres connus, nous critiquons la méthode elle-même, qui ne donne que des résultats mul-

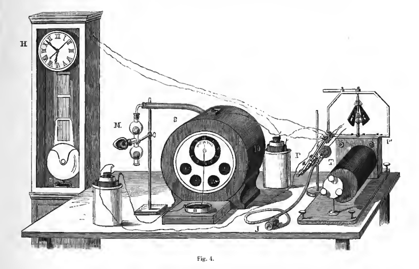


Fig. 4.

tipliables par un fort coefficient, puisque d'une seule inspiration on calcule le produit d'une journée entière de respiration.

Nous proposons, à l'encontre, une méthode graphique qui donne le produit d'emblée et sans multiplication.

La figure ci-contre représente notre appareil tel que nous l'avions monté dans le laboratoire du professeur Charcot, à la Salpêtrière (fig. 4).

En M on voit un masque de caoutchouc qui pénétrait dans l'intérieur même de la bouche. A la suite du masque M se trouve un tube à boules

de Jolyet, grâce auquel l'inspiration se fait à l'air libre et l'expiration seule se fait dans le spiromètre. Le malade peut donc, pendant longtemps, respirer dans l'appareil sans avoir, comme dans les autres spiromètres, à enlever la muselière à chaque expiration. A la suite de l'appareil à boules se trouve un tube de caoutchouc qui aboutit à un compteur à gaz gradué en *centilitres, décilitres, litres* et *centaines de litres*. Cet appareil doit être d'une précision absolue. La Compagnie du gaz en possède qui sont admirables sous ce rapport et qui permettent de faire des calculs d'une grande rigueur. L'air est chassé dans le compteur, puis il s'échappe au dehors. Voici maintenant comment cet appareil enregistre l'air expiré. En T se trouve un cylindre de Marey sur lequel écrivent deux signaux de Deprez et un tambour à air. Le tambour à air est en rapport avec un pneumographe J, qui inscrit les *mouvements de la poitrine* du sujet.

L'un des signaux Deprez est en rapport avec une pile et une horloge électrique H; il pointe les *secondes* sur le cylindre.

L'autre signal communique avec une pile P d'une part, et d'une autre part avec le bâti du spiromètre. Le courant est donc interrompu. Mais le pôle zinc de la pile est plongé dans un godet de mercure que vient effleurer l'aiguille du spiromètre, chaque fois qu'un litre d'air a traversé l'instrument. A ce moment, le courant se trouve établi et le signal marque un trait sur le cylindre.

Le graphique contient donc finalement : 1° le nombre des inspirations; 2° le nombre de litres expirés; et 3° le temps écoulé entre chaque inspiration et chaque litre d'air expulsé; tous éléments d'un problème de spirométrie.

Notre appareil nous permet d'apprécier la *circulation aérienne du poumon*. Nous en faisons l'étude physiologique et nous étudions l'influence de la taille, des mouvements, de la grossesse.

Puis nous passons à la pathologie et nous voyons comment la ventilation est modifiée par les déviations du rachis, par l'anémie, la cachexie, la phtisie, les fièvres diverses, les pneumonies, les pleurésies et enfin par l'agonie. Nos conclusions sont les suivantes :

En résumé, la spirométrie proprement dite peut renseigner sur l'état anatomique du poumon : elle ne peut donner sur ses fonctions et sur l'état des combustions que des notions éloignées.

L'étude de la circulation aérienne, c'est-à-dire de la quantité d'air qui traverse le poumon dans un temps connu, a seule quelque importance physiologique. Elle nous montre que le degré d'oxygénation du sang étant modifié chimiquement, soit par cause directe, soit par cause indirecte, il y a, par la ventilation du poumon, une tendance à rétablir l'équilibre primitif. Nous avions déjà insisté sur ce point en parlant des gaz du sang. — Elle nous montre encore que, dans les processus mécaniques, la même tendance à la compensation se reproduit et que la sensation particulière à la dyspnée apparaît dans tous les cas où l'équilibre ne peut être rétabli et quand la compensation n'a pas lieu.

Un autre procédé physique nous a servi encore à apprécier non plus la quantité exacte d'air qui pénètre dans la poitrine, mais la nature, la forme et la puissance des obstacles qui peuvent s'opposer à cette pénétration. — Ce procédé, c'est la *pneumographie*.

Nous en faisons tout d'abord une étude historique et instrumentale, nous passons en revue tous les pneumographes connus, puis nous étudions leur usage dans les conditions purement physiologiques, tressaillement, cri, toux (fig. 5), hoquet (fig. 6).

Selon notre usage, nous passons ensuite à la pathologie. Plusieurs tracés montrent que dans les fractures de côtes le thorax est annihilé et que le diaphragme fait toute la besogne. C'est un phénomène de douleur, car un cancer du sein produit le même effet.

Chez les rachitiques, le thorax est presque annihilé quant à son action : le diaphragme agit presque seul; de plus, les mouvements sont augmentés par compensation. Le mal de Pott produit un effet comparable (fig. 7).

L'emphysème pulmonaire, en fixant le poumon, fait que la cage thoracique est presque immobilisée.

La pneumographie nous a permis de recueillir des tracés unilatéraux chez des individus atteints d'épanchements pleuraux. Nous en présentons ici un seul; il montre que le côté atteint respire beaucoup moins que l'autre. La cage thoracique ne se soulève que d'un côté (fig. 8).

C'est encore plus marqué dans le pneumo-thorax.

Les maladies de l'abdomen influent certainement sur les mouvements respiratoires. La grossesse ne commence à avoir une action que tout à

fait dans le dernier mois, contrairement à ce qu'on affirme théoriquement presque partout.

L'ascite, le kyste de l'ovaire sont absolument comparables à la grossesse.

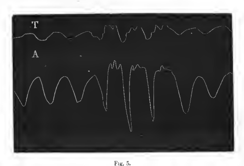


Fig. 5.

Fig. 6.

La péritonite aigue, par la douleur qu'elle entraîne, arrête complètement les mouvements du diaphragme; le thorax respire seul et assez faiblement (fig. 9).

Dans l'agonie, le diaphragme est complètement paralysé et se trouve pour ainsi dire *avalé* à chaque inspiration. Le tracé que nous avons recueilli ne laisse aucun doute sur ce point (fig. 10).

La chorée du diaphragme donne aussi un rythme des plus singuliers (fig. 11).

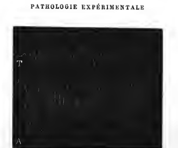


Fig. 7.

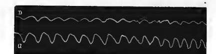


Fig. 8.

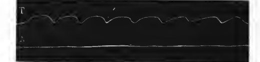


Fig. 9.

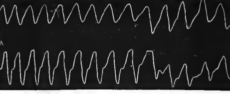


Fig. 10.

Nous étudions successivement le tracé pneumographique de l'épilepsie, de l'hystérie, de la rage, et nous terminons ce chapitre par des recherches pneumographiques très détaillées sur la respiration de Cheyne-Stokes.

Nous croyons pouvoir conclure de ces recherches que le phénomène de Cheyne-Stokes est une apnée due à un excès d'altérialisation du sang dans une dyspnée qui dépasse son but. Quant à cette dyspnée elle-même,

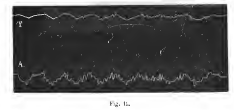


Fig. 11.

elle peut avoir des causes nerveuses et chimiques sur lesquelles l'expérimentation ne nous semble pas avoir encore donné jusqu'à présent des renseignements suffisants pour qu'on puisse bâtir une théorie inattaquable.

E. — Variations pathologiques des produits de combustion.

1° Les matières quaternaires, en s'oxydant, donnent lieu à la production et à l'élimination de l'*urée,* produit brûlé complètement et ne pouvant plus donner lieu à aucune oxydation. A côté de l'urée, il s'élimine encore d'autres substances incomplètement oxygénées, acide urique, créatine, leucine, tyrosine. Ces substances se rencontrent surtout dans l'état pathologique; l'examen de leurs variations rentre donc dans notre travail.

2° Les matières ternaires, en se brûlant, donnent lieu à la production de l'*acide carbonique.*

Enfin aucune combustion ne peut avoir lieu sans une absorption, sans une *consommation d'oxygène*.

Notre étude comprend donc :

1° L'examen des variations de l'urée ;

2° La recherche des variations de l'acide carbonique ;

3° L'étude de la consommation de l'oxygène et de ses *rapports* avec l'excrétion de l'acide carbonique.

Nous commençons par une étude détaillée des procédés de dosage de l'urée; nous en faisons connaître un qui nous est personnel et qu'on retrouvera dans la suite de cette notice. Puis nous faisons connaître les causes de variations de l'excrétion de l'urée dans les conditions physiologiques. Nous abordons enfin toutes les conditions de pathologie générale dont nous avons parlé déjà; nous insistons sur la manière dont la fonction uropoiétique du foie peut être éclairée par le dosage de l'urée dans les maladies de cet organe.

L'étude récente de l'oligurie des hystériques fait l'objet d'un chapitre à part.

Résumant donc ce long chapitre sur la production de l'urée dans les processus pathologiques, nous disons :

1° L'urée, étant le résultat ultime des combustions, marche en général conjointement avec elles et varie dans le même sens.

2° L'urée semble être formée dans le foie par suroxydation ou plus probablement par dédoublement des substances extractives. La loi exprimée ci-dessus n'est donc plus vraie quand le foie est lésé dans ses éléments. Les combustions s'arrêtent à des produits moins oxydés, à ceux qui se forment dans tous les tissus par la combustion directe (créatine, créatinine, hypoxanthine, acide urique).

3° L'urée peut s'accumuler dans l'organisme pendant les périodes où elle est produite en excès et être éliminée tout d'un coup sans qu'il y ait pour cela élévation des combustions (crises).

4° Dans quelques cas peu fréquents et encore inexpliqués, la sécrétion de l'urée peut s'arrêter définitivement (ischuries).

Après l'urée vient l'acide carbonique. Nous étudions la manière dont on peut le doser en clinique. Nous résumons les travaux de Pettenkoffer, d'Andral et Gavarret, de Regnault et Reiset, de nous-même avec Jolyet.

Puis nous proposons une méthode applicable à l'hôpital. Nous recueillons l'air expiré dans un grand sac pendant une heure. Cet air passe tout entier dans un appareil de Liebig qui l'analyse sans qu'on ait à faire de multiplications. On a donc une très grande précision.

Vient ensuite l'étude physiologique et pathologique des variations de l'acide carbonique et du rapport $\frac{CO^2}{O}$. Ces variations, étant représentées par de longs tableaux de chiffres, ne sont pas susceptibles d'être analysées ici. Nous ne ferons connaître que nos conclusions :

1° Dans les fièvres franches et dans les inflammations aiguës, la consommation d'oxygène est considérablement augmentée. L'exhalation de l'acide carbonique l'est également, mais dans des proportions moindres, de telle sorte que l'oxygène contenu dans l'acide carbonique ne représente que les 5 ou 6 dixièmes de celui qui a été absorbé. Cet oxygène a donc dû se fixer sur les produits hydrocarbonés. Il y a parallèlement une abondante excrétion d'urée.

2° Dans les fièvres lentes et dans l'hecticité, les combustions sont également augmentées, mais moins que dans les fièvres franches. L'exhalation d'acide carbonique est moindre encore par rapport à la consommation d'oxygène. — Les graisses disparaissent très vite. D'où l'amaigrissement considérable et rapide. L'urée est remplacée en grande partie par des produits moins oxydés.

3° Dans toutes maladies cachectiques où le sang a perdu sa capacité respiratoire et où il arrive moins d'oxygène aux tissus, il y a diminution dans la consommation d'oxygène et dans l'exhalation d'acide carbonique. Le mauvais état des fonctions digestives fait que les produits hydrocarbonés doivent, eux aussi, fournir aux combustions ; il y a encore amaigrissement ; l'urée est diminuée.

4° Dans la convalescence, les combustions diminuent. Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ augmente. Il y a augmentation de poids du malade.

5° Dans toutes les maladies qui produisent une asphyxie mécanique, il y a diminution faible des combustions. Le rapport $\frac{CO^2}{O}$ n'est pas modifié ou bien il est augmenté. L'urée est un peu diminuée.

Nous terminons notre travail par une étude de la calorimétrie appliquée

à la pathologie. Cette partie de la science est malheureusement tout à fait à son début.

Notre ouvrage a été couronné en 1883 par l'Académie des sciences, qui lui a decerné le prix de Physiologie expérimentale de la fondation Montyon.

2. — Influence de l'intoxication par la nitro-glycérine sur la respiration.

(En commun avec M. Jolyet.)

(Voy. thèse de M. Bruel, Paris, 1876, et *Société de biologie*, la même année.)

Il arrive souvent des accidents de nature asphyxique dans les fabriques de dynamite. Cela est dû à l'influence de la nitro-glycérine, qui agit à très peu près comme le nitrite d'amyle, et qui transforme l'hémoglobine en methémoglobine.

3. — Influence de l'intoxication par l'acide phénique sur la respiration.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

Nos expériences démontrent que l'intoxication par l'acide phénique amène des convulsions cloniques intenses et augmente considérablement les combustions respiratoires. Un exemple le prouvera.

Un chien de 13 kilogr. en une heure

absorbe..........................	9 litres 377	d'oxygène
et exhale.........................	7 — 200	CO^2

Le même, intoxiqué, dans le même temps

absorbe..........................	41 litres 472	d'oxygène
et exhale........................	29 — 820	CO^2

La température est montée à 41°.

4. — Influence de l'hémorragie sur la respiration.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

Un chien de 6 kilogr. ayant subi une hémorragie de 250 gr. voit l'intensité de sa respiration diminuer de moitié après cette perte de sang.

5. — Influence, sur la capacité respiratoire du sang, des produits extractifs de l'urine.

(En commun avec M. Cuffer.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1877.)

Les matières extractives de l'urine, créatine, créatinine, carbonate d'ammoniaque, diminuent beaucoup le pouvoir absorbant de l'hémoglobine. La chose a été constatée *in vitro*, et par injections dans le torrent circulatoire. La diminution des combustions et l'abaissement du pouvoir absorbant du sang dans la néphrite interstitielle pourraient tenir à cette cause.

6. — Un cas de charbon observé à l'Hôtel-Dieu. Analyse des produits de la respiration.

(En commun avec M. Routier.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1877.)

Il s'agit d'un homme qui succomba en vingt-quatre heures au charbon. Le sang était absolument rempli de bactéries. Il fut possible de recueillir les gaz de la respiration. La température était à 33°. Le malade absorbait en une heure 7 litres 924 d'oxygène et rendait 6 litres 300 d'acide carbonique. $\frac{CO^2}{O} = 0{,}82$. Cette immense diminution des produits des combustions peut tenir à la spoliation lente de l'oxygène par les bactéridies et à la diminution consécutive des combustions, ainsi que l'ont pensé MM. Pasteur et Joubert.

7. — De l'influence des battements du cœur sur le poumon. — Recherches expérimentales sur la cause des souffles extra-cardiaques.

(*Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, mai 1876.)

Nous démontrons, dans ce mémoire, que le cœur, en battant, choque la lame précordiale et en expulse une certaine quantité d'air qu'on peut faire agir sur un polygraphe. On peut donc recueillir un tracé du cœur par la bouche ou par la trachée. En opérant sur des chiens curarisés, nous nous mettons à l'abri des causes d'erreur qui peuvent intervenir chez l'homme.

8. — Sur les lésions de la moelle épinière dans la maladie des plongeurs.

(En commun avec M. Blanchard.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1881.)

On sait fort bien aujourd'hui ce qu'est le mal des plongeurs : il résulte du dégagement des gaz du sang au moment de la décompression. Ce dégagement est spécialement dangereux dans les centres nerveux, d'où la paraplégie très fréquente. Nous avons vu que dans ces cas, même après guérison (et cette terminaison est des plus rares), on rencontrait dans la moelle une grande quantité de foyers hémorragiques. Dans les autres points, les lésions sont celles de la myélite parenchymateuse.

9. — Sur la diminution de la sécrétion de l'urée dans un cas d'accés de fièvre intermittente due à la lithiase biliaire.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1873.)

Il s'agissait d'un malade qui, de temps en temps, présentait de grands accès de fièvre portant la température vers 40°. Quand on analysait l'urée rendue ces jours-là par le malade, on la trouvait singulièrement diminuée. En revanche, on voyait apparaître la leucine et la tyrosine dans l'urine. Ces accès étaient accompagnés d'ictère. A l'autopsie, on trouva les conduits biliaires obstrués par une véritable boue calculeuse.

Dans les réflexions qui accompagnent notre observation, nous faisons remarquer qu'il doit y avoir une corrélation entre la formation de l'urée et l'intégrité des fonctions hépatiques.

Cette observation a été reproduite tout au long dans le livre du professeur Charcot sur les maladies du foie, avec la planche qui montre les divergences entre la température et le taux de l'urée.

Elle a été également reproduite par le professeur Brouardel dans son mémoire sur la fonction uropoiétique du foie.

10. — De l'influence de la compression de l'uretère sur la sécrétion rénale.

(*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1877.)

Nous apportons deux nouveaux cas à l'appui de ce que nous avions

déjà dit, à savoir que le cancer de l'utérus peut, dans son évolution, fermer à peu près l'uretère et amener les résultats de l'expérience d'Hermann, à savoir la non-sécrétion de l'urée, bien que l'eau continue à être éliminée.

Dans l'un des cas que nous publions, le liquide sécrété par le rein ne contient plus que 3 grammes d'urée, et dans l'autre 7 grammes. Les deux malades sont mortes d'urémie, bien que leurs reins fussent demeurés sains.

11. — Sur les variations des principes de l'urine dans la paralysis agitants.

(Note à la seconde édition des *Maladies du systeme nerveux* de M. Charcot.)

Des recherches ont été faites à ce point de vue par nous dans le laboratoire de la Sorbonne sur deux malades du service de M. Charcot. Chez toutes deux, l'urine contenait une proportion à peu près normale d'urée, mais une moindre proportion d'acide sulfurique qu'à l'état physiologique. La moyenne de 14 dosages a donné pour l'urée 19 gr. 50, et pour l'acide sulfurique, 1 gr. 25 au lieu de 2 grammes. Il suit de ces analyses que l'excrétion des sulfates serait diminuée dans la paralysie agitante, contrairement à l'opinion avancée par Bence-Jones à propos de la chorée. D'ailleurs, dans cette affection même, Lehmann et Gruner ont toujours trouvé une diminution des sulfates. Vogel est arrivé, de son côté, au même résultat, et il pense qu'il faut attribuer les conclusions opposées de Bence-Jones à l'insuffisance du procédé d'analyse qu'il a employé.

12. — Actions des courants électriques très faibles sur l'anesthésie hystérique.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1877.)

Quand Burq eut soumis à la Société de Biologie ses expériences sur l'action des métaux en application extérieure, la Société nomma une commission chargée de contrôler les faits et d'en chercher l'explication scientifique.

Adjoint à cette commission, nous avons pensé que les actions métallothérapiques étaient le résultat de courants capillaires.

Les questions qui nous étaient posées étaient les suivantes :

A. — Dans l'application des plaques métalliques sur la peau, se développe-t-il des courants?

B. — Des courants produits d'autre part et égaux en intensité à ceux que produisent les plaques peuvent-ils amener les résultats de la métallothérapie?

C. — Pourquoi certaines malades sont-elles impressionnées par l'or, qui donne un courant très faible, et ne le sont-elles pas par le cuivre, qui donne un courant beaucoup plus intense?

A. — Sur la première question, nous avons démontré que les pièces métalliques étaient attaquées par la sueur et qu'elles donnaient un courant très appréciable au galvanomètre de Dubois-Raymond.

B. — Sur la seconde question, nous avons répondu en nous servant d'une pile très faible et en interposant dans son circuit le malade et le galvanomètre. En amenant par un rhéostat l'intensité du courant à celle que donnaient les plaques métalliques, nous avons reproduit tous les phénomènes de la métallothérapie, le retour de la sensibilité, le transfert, les oscillations.

C. — Sur la troisième question, nous avons démontré que certaines intensités étaient inactives sur certaines malades et qu'il avait une proportionnalité entre les intensités de courants et l'action esthésiogène des plaques.

13. — Action des courants faibles sur la sensibilité. Points neutres.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1877.)

Il y a dans l'échelle galvanométrique certains points, toujours les mêmes pour le même malade, où la sensibilité ne revient pas sous l'action du courant électrique, quelle que soit d'ailleurs la durée de l'application des pôles. Nous leur avons donné le nom de « points neutres », qui a l'avantage de constater le fait sans rien préjuger de sa nature. C'est à ce phénomène singulier que quelques personnes ont, depuis lors, donné quelquefois le nom d'interférence électrique de la sensibilité.

14. — Action des courants à distance (aimants, solénoïdes) sur l'hémianesthésie hystérique.

(En commun avec M. le Prof. CHARCOT.)

(*Progrès médical et Société de biologie*, 1878.)

Le bras anesthésié d'une hystérique est placé dans les spires d'un solénoïde. Rien ne se passe tant que le courant ne passe pas. Dès que le courant passe, la sensibilité reparaît. La même chose a lieu quand on approche un aimant, mais rien ne se passe si on approche un barreau de cuivre peint de la même couleur que l'aimant : ceci est la preuve que l'imagination n'est pour rien dans les phénomènes.

15. — Sur la nature de l'achromatopsie des hystériques.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1878.)

La plupart des hystériques voient le rouge et ne voient pas le vert. En revanche, si on fait tourner devant elles un disque de Newton vert et rouge, elles le voient blanc comme tout le monde. C'est donc que les vibrations vertes, même sans être aperçues, impressionnent leur cerveau. Leur achromatopsie est donc plutôt une absence de jugement qu'une absence de perception. C'est un phénomène cérébral et non un phénomène rétinien.

16. — Étude thermométrique sur les muscles contracturés.

(En commun avec M. BRISSAUD.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

Chez les hémiplégiques, les hystériques ou les individus frappés de tabes dorsal spasmodique et qui ont un côté du corps contracturé, on trouve toujours le côté contracturé plus froid que le côté sain ; ce qui est contraire à ce qu'on devrait attendre, un muscle contracté étant plus chaud qu'un muscle relâché.

Il faut pourtant se souvenir que chez les individus contracturés le côté malade produit un travail bien plus faible que le côté sain ; c'est donc pendant l'immobilité complète, pendant le sommeil, que la recherche devrait être faite. Cela est malheureusement impraticable chez l'homme.

17. — Sur le mécanisme de la mort des ouvriers mineurs dans les explosions de grisou.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1880.)

Ces ouvriers peuvent être tués par des éboulements, ce cas n'a pas besoin d'explications.

D'autres fois on les trouve morts à leur poste de travail. On remarquera qu'avant l'explosion l'ouvrier respire l'atmosphère explosible elle-même, ses poumons en sont remplis. La détonation peut donc s'y propager. Ce qui le laisserait croire, ce sont les brûlures trachéennes et bronchiques que l'on observe sur les animaux soumis à des explosions expérimentales. Il arrive souvent aussi des syncopes persistantes, inhibitions du cœur produites par l'action de la brûlure sur les extrémités des nerfs pulmonaires. Je l'ai constaté graphiquement.

Enfin le résultat de l'explosion donne une grande quantité d'oxyde de carbone, qui devient une cause active de mort.

18. — Étude sur l'attaque hystéro-épileptique faite à l'aide de la méthode graphique.

1° De la contraction musculaire pendant la période épileptoïde.
2° Arrêt des attaques par le courant interverti.

(En commun avec M. Richer.)

(Revue mensuelle de médecine et de chirurgie, septembre 1878.)

On sait avec quelle étonnante brusquerie se passe l'attaque d'hystéro-épilepsie. Nous avons essayé d'en analyser les détails au moyen de la méthode graphique. Grâce aux myographes à transmission, la chose n'est pas aujourd'hui impossible, surtout pour la période épileptoïde. Dans la note dont il est ici question, nous commençons par donner la division des phases de l'attaque, telle qu'elle a été décrite par Charcot. C'est la première fois que paraît cette division, tant reproduite depuis.

Puis, par une série de tracés, nous faisons connaître la marche de chaque phase. Ces tracés étaient donnés par un myographe attaché sur le bras et par deux pneumographes appliqués sur la poitrine. On avait donc par eux

la représentation des deux phénomènes les plus marqués de l'attaque, le désordre de la contraction musculaire et celui de la respiration.

Ces tracés montrent l'attaque dans tous ses détails et en sont la véritable représentation graphique.

Nous terminons notre étude en montrant l'influence du courant électrique sur une attaque hystérique. Une commotion électrique arrête l'attaque d'un coup. Le passage dans n'importe quel sens du courant continu de 20 à 30 éléments Trouvé suspend les crises pendant un certain temps.

19. — Recherches sur les causes de la mort par le charbon.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

Nos recherches sur la respiration nous ont montré que chez les animaux charbonneux les échanges étaient diminués. Cela peut tenir soit à la spoliation de l'oxygène par les bactéridies, comme l'a pensé Pasteur, soit à des embolies bactéridiennes fermant les vaisseaux du poumon et diminuant le champ de l'hématose.

II

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

20. — Recherches sur la température propre du muscle pendant la contraction physiologique.

(En commun avec M. Brissaud.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1880.)

Nous avons opéré à la Salpêtrière dans des conditions remarquables de précision. Nous nous servions d'aiguilles d'Arsonval et d'un galvanomètre sensible, à miroir. Un pinceau de lumière électrique de 35 mètres de long allait du miroir à l'échelle graduée : le plus léger mouvement de l'aiguille amenait donc un déplacement considérable de l'index lumineux.

Au début d'une contraction normale il y a un refroidissement instantané du muscle, puis le muscle s'échauffe progressivement, et si la contraction dure, il s'établit un certain équilibre. Dès que la contraction cesse, l'équilibre se trouve de nouveau rompu et la température monte rapidement. Nous pensons qu'il y a là des effets vasculaires. Dans le premier moment de la contraction, le muscle exprime le sang qu'il contenait, d'où refroidissement. Puis il s'échauffe pour faire face au travail. Enfin, dès que la contraction cesse, le sang envahit de nouveau le muscle, d'où l'ascension brusque de la température.

21. — Sur la variation de la capacité pulmonaire par la galvanisation du bout périphérique du nerf pneumo-gastrique et du bout central du sciatique chez l'animal curarisé.

(En commun avec M. Jolyet.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876.)

Chez l'animal vivant et curarisé, la galvanisation du bout périphérique du nerf vague amène une pression intrapulmonaire très supérieure à celle qu'on obtient sur le cadavre. Ce résultat doit tenir à l'intervention de phénomènes vasculaires.

22. — Action du nitrite d'amyle sur les phénomènes intimes de la respiration.

(En collaboration avec M. JOLYET.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

Nous étudions dans ce travail l'influence des inhalations de vapeurs de nitrite d'amyle sur les produits de la respiration, sur les gaz normaux du sang et sur son pouvoir absorbant vis-à-vis de l'oxygène.

EXPÉRIENCE I.

Chien du poids de 13 kilogr. 85, en une heure et à l'état normal,

Fournit.	7 lit. 355	CO^2
Absorbe.	9 lit. 470	O

$$\frac{CO^2}{O} = 0,77$$

Après inhalation de nitrite d'amyle,

Il fournit	5 lit. 440	CO^2
Et absorbe.	6 lit. 131	O

$$\frac{CO^2}{O} = 0,88$$

EXPÉRIENCE II.

Chien de 13 kilogr. 200, normal et en une heure,

$$CO^2 = 5,416 \quad O = 7,815 \qquad \frac{CO^2}{O} = 0,69$$

Le même, après inhalation de nitrite d'amyle,

$$CO^2 = 3,360 \quad O = 3,520 \qquad \frac{CO^2}{O} = 0,98$$

L'examen des gaz du sang fournit des résultats concordants.

	Oxygène du sang artériel		*Capacité respiratoire*	
	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS
I. — . . .	16	5,3	25	6
II. — . . .	20,3	8,4	23,6	12

L'examen spectroscopique montre la présence de la méthémoglobine.

23. — Recherches sur la capacité respiratoire du sang chez les animaux primés au concours général de 1880.

(*Annales de l'Institut agronomique*, 1878-1879.)

Nous avons d'abord fait quelques expériences sur des animaux ordinaires, afin d'avoir un point de comparaison. Nous les avons choisis au hâsard parmi les bêtes abattues à la Villette, le 5 et le 7 février 1880.

A. — Une vache de race charolaise, pesant 400 kilogrammes, est abattue le 5 février; 100 grammes de sang absorbent au maximum 9 centimètres cubes d'oxygène.

B. — Un jeune taureau abattu le même jour nous donne du sang qui absorbe 13 centimètres cubes d'oxygène pour 100 grammes de liquide.

C. — Un mouton berrichon, très maigre, est tué le 8 février; 100 grammes de son sang absorbent $5^{cc},9$ d'oxygène.

D. — Une brebis de même race nous donne $6^{cc},7$. (Ces deux animaux étaient tuberculeux.)

E. — Un bélier de race allemande, pesant 40 kilogrammes et très bien portant, nous fournit le chiffre de $8^{cc},3$ d'oxygène pour 100 grammes de sang.

F. — Un mouton tué à Joinville avait du sang qui absorbait 10 centimètres cubes pour 100.

Nous pouvons donc admettre que chez les bœufs ordinaires, 100 grammes de sang absorbent de 10 à 15 pour 100 d'oxygène, et chez les moutons de 8 à 10. Chez ces mêmes animaux débilités par la maladie, le chiffre tombe à 6, à 8 pour 100.

Voyons maintenant ce que nous ont donné les animaux rapidement engraissés, qui ont été primés au Concours général.

G. — Le prix d'honneur a été remporté par un bœuf de race charolaise, âgé de quarante-six mois, et pesant 880 kilogrammes à l'abattoir. Cet animal renfermait 70 kilogrammes de suif, soit la douzième partie de son poids vif, ce qui est assez considérable... Or, 100 grammes de son sang absorbaient $23^{cc},2$ d'oxygène. Cet animal avait donc une intensité respiratoire considérable et ne pouvait passer pour un être débilité.

H. — J'en dirai autant du bœuf Durham-Manceau, âgé de trente-sept mois, et pesant 855 kilogrammes, qui remporta le premier prix. Il contenait

88 kilogrammes de suif, soit la dixième partie de son poids vif environ.. Son sang absorbait 18^{cc},5 d'oxygène pour 100.

I. — Un deuxième prix fut donné à une vache Durbam-Charolaise, du poids de 750 kilogrammes, âgée de quatre ans, et contenant 64 kilogrammes de suif, soit la onzième partie de son poids. Son sang absorbait 18^{cc},7 d'oxygène pour 100.

J. — Un deuxième prix fut aussi décerné à un bœuf Durham, de quarante-trois mois, pesant 870 kilogrammes, et contenant 96 kilogrammes de suif, soit la neuvième partie du poids vif. Son sang absorbait 21^{cc},3 pour 100 d'oxygène.

K. — Un des prix pour les moutons a été donné à trois animaux de la race Southdown, pesant 207 kilogrammes.

Leur sang absorbait :

Pour le mouton α.	15	pour 100.
— β.	14,8	
— γ.	16,6	

L. — Un autre prix a été remporté par 3 moutons berrichons du poids de 157 kilogrammes.

Leur sang absorbait :

Pour le mouton α.	16,2	pour 100.
— β.	17,3	
— γ.	18,5	

M. — Un porc normand-picard, du poids de 274 kilogrammes, a été primé : son sang renfermait seulement 12^{cc},6 pour 100 d'oxygène.

Ce qui résulte de toutes ces analyses, c'est que les animaux engraissés intensivement ne sont pas pour cela des animaux dans un état pathologique, puisque leur sang est beaucoup plus riche, et leurs fonctions respiratoires beaucoup plus actives que chez les autres êtres.

24. — Détermination du pouvoir respiratoire du sang du fœtus.

(En commun avec M. Dubois.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1883.)

Le sang du fœtus différant notablement de celui de l'adulte au point de

vue de sa constitution, nous nous sommes proposé de rechercher s'il en était de même en ce qui concerne le pouvoir respiratoire.

L'expérience a justifié nos prévisions.

Nous avons alors pensé à rechercher si, pendant la grossesse, le sang de l'adulte ne subirait pas des modifications correspondantes.

L'examen comparatif du sang de la mère et de celui du fœtus nous a montré qu'il n'en était pas ainsi.

25. — Étude sur la capacité respiratoire du sang des animaux plongeurs. Sa comparaison avec la capacité du sang des autres animaux.

(En commun avec M. R. Blanchard.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1883)

I. — Il existe dans la classe des reptiles un certain nombre d'espèces qui jouissent de la faculté de vivre assez longtemps sous l'eau, loin de l'air, bien que possédant une respiration exclusivement aérienne. Les crocodiliens, par exemple, nous fournissent un type très net qu'il est facile de comparer aux reptiles terrestres tels que les sauriens et les ophidiens.

Si, par les procédés connus, on mesure la capacité respiratoire du sang comparativement chez un saurien de grande taille, tel que le varan du désert (*Varanus arenarius*), et chez un caïman à museau de brochet (*Alligator mississipiensis*), on voit que chez le premier elle est égale à 5, tandis qu'elle est égale à 8,4 chez le second. Le même rapport se rencontre, à fort peu près, chez d'autres animaux de la même classe.

II. — Chez les oiseaux, il existe aussi des espèces plongeuses. En prenant la capacité respiratoire du sang d'un poulet et du sang d'un canard, nous trouvons que chez le premier elle est de 12 et qu'elle est de 18 chez le second.

III. — En cherchant à déterminer le même rapport chez les mammifères, nous trouvons que, chez le chien, la capacité respiratoire moyenne est de 20 à 25 pour 100.

Grâce à la récente création de la Station maritime de physiologie, établie au Havre, nous avons pu prendre la capacité respiratoire du saug d'un phoque (*Phoca vitulina*). Le chiffre que nous avons obtenu dépasse de

beaucoup tous ceux qu'on a publiés jusqu'à ce jour pour les autres animaux. Il est, en effet, de 37,8.

Ainsi se trouve confirmée pour tous les vertébrés cette loi, que, chaque fois qu'un animal devra demeurer longtemps sans respirer, il se fera, grâce à la richesse en hémoglobine de son sang, un emmagasinement d'oxygène sur lequel il pourra vivre.

Il est, ce nous semble, possible de rapprocher de notre étude celle que Paul Bert a faite sur les animaux habitant les hauts plateaux des Andes. Eux aussi se trouvent dans une atmosphère mal oxygénée, eux aussi ont dans leur sang une quantité d'hémoglobine qui leur permet d'accumuler une quantité plus grande d'oxygène.

26. — Respiration des animaux curarisés comparée à celle des mêmes animaux après section du bulbe

(En commun avec M. JOLYET.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

L'acide carbonique excrété et l'oxygène absorbé par les animaux curarisés sont moindres que chez les animaux dont le bulbe est sectionné. Il y a pourtant chez les deux une immobilité absolue. La différence doit tenir à l'absence d'action de la moelle sur les muscles des premiers.

27. — Sur le résultat de l'immersion d'un poisson dans une solution faible de chlorhydrate de cocaïne.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

Si on met un poisson dans une solution au deux-millième de cocaïne, il tombe inanimé. Pour tout le monde il est mort ; si on le place dans l'eau pure à ce moment, il se réveille après quelques heures.

Pendant sa mort apparente, il n'a nullement respiré, l'analyse chimique le démontre.

Il se passe là une anesthésie des nerfs des branchies et une absence des réflexes respiratoires, d'où absence des mouvements des ouïes et de la bouche.

28. — Note sur l'action de certaines substances organiques sur l'amidon.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Quand on fait vivre un poisson dans l'eau amidonnée, on voit l'amidon se transformer rapidement en sucre. On pourrait croire que c'est une substance salivaire qui produit cet effet. En réalité, c'est le mucus qui enduit le poisson, car, placé seul dans l'eau amidonnée, il la saccharifie. Presque toutes les substances organiques agissent de même. Cela doit être dû aux microbes qu'elles renferment.

29. — Magnétisme et diamagnétisme des substances vivantes.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1875.)

Les substances vivantes sont diamagnétiques à cause de l'eau qu'elles contiennent. Desséchées, elles sont, les unes magnétiques, et les autres diamagnétiques.

Les substances assimilables sont magnétiques, tandis que les produits de désassimilation sont diamagnétiques.

Un simple changement moléculaire change le magnétisme d'une substance. Ainsi, l'albumine coagulée ne se comporte pas comme l'albumine crue. Il en est de même de l'amidon cuit et de beaucoup d'autres substances.

30. — Quelques expériences faites sur un supplicié à Troyes (Aube).

(En commun avec M. Loye.)

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1885.)

Nous avons étudié l'expression de la physionomio au moment de la décapitation, la contracture générale du corps, les réflexes, la contractilité pulmonaire par galvanisation des pneumogastriques, l'action de ce nerf sur les mouvements do l'intestin et sur les sécrétions de l'estomac. Enfin nous avons vérifié la théorie de Duchenne sur l'action des lombricaux et des interosseux de la main.

31. — Enregistrement des phénomènes chimiques de la digestion.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1887.)

Pour arriver à enregistrer les phénomènes chimiques de la digestion, nous avons imaginé l'appareil ci-dessous.

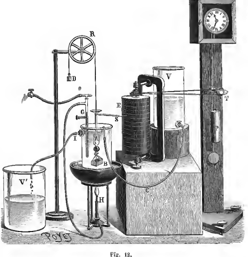


Fig. 12.

Dans le vase B, on a placé une grande quantité de suc gastrique artificiel, ou d'une infusion de pancréas, ou encore d'une solution de diastase de l'orge germée.

Le vase V, situé au-dessus, contient la même dissolution, qu'un tube C conduit lentement, goutte à goutte, dans le vase B. Au point I se trouve un trop-plein qui emmène l'excédent du liquide dans le vase V', situé au-dessous. Cette disposition a l'avantage de maintenir toujours constant le niveau du liquide dans le vase B, malgré l'influence de l'évaporation.

Cette évaporation est assez active, en effet, car le vase B plonge dans une grande capsule de porcelaine que chauffe le bec de gaz H. La température est maintenue constante à 38°, grâce au régulateur G. Nous nous trouvons donc dans les conditions ordinaires d'une digestion artificielle *in vitro*.

Dans le vase B plonge un aréomètre A, en verre, lesté par une boule remplie de mercure un peu trop lourde pour l'aréomètre. Le défaut d'équilibre est compensé par un contrepoids D, attaché à l'aréomètre par un fil de soie très léger et passant sur la poulie R. Tout est disposé pour que les frottements soient aussi réduits que possible.

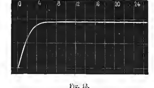


Fig. 13.

Or, l'aréomètre est terminé à sa partie supérieure par un plateau où on peut mettre des poids, de façon à le faire affleurer toujours au même point au début de chaque expérience. La tige située au-dessous est assez fine pour que de légères diminutions de poids amènent une élévation assez marquée. Au sommet, s'attache une tige en verre filé S qui va servir de style inscripteur.

D'autre part, à un crochet qui termine l'aréomètre se trouve suspendu un petit panier en treillis de platine dans lequel on met la substance sur laquelle on veut faire agir le suc digestif.

Il est évident que, pour des diminutions de poids égales de cette substance, il y aura des ascensions égales de l'aréomètre si la tige de celui-ci est cylindrique.

Le fait que le niveau et la température du liquide B sont toujours invariables enlève toutes les causes d'erreur possibles.

Il est facile d'imaginer, d'autre part, que, le style S frottant sur un cylindre enfumé E, mû par une horloge du système que nous avons

imaginé et souvent publié, il sera facilo de recueillir d'une façon permanente un tracé qui représentera la dimiuution du poids de la substance attaquée par le suc digestif.

Nous ne pouvons donner toutes les courbes que nous a fournies cet appareil. Une seule, représentant l'attaque de la fibrine par le suc gastrique, montre que le phénomène se fait suivant une parabole (fig. 13). L'action des autres sucs est identique.

32. — Recherches sur les résultats de l'alimentation azotée chez les herbivores.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882.)

En nourrissant des agneaux orphelins avec du sang desséché après cuisson, nous avons réussi, non seulement à les faire se passer de lait, mais à les amener à une taille considérable. En peu de mois ils ont triplé de poids.

33. — Note sur l'influence de l'alimentation sur-azotée chez les animaux de basse-cour.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882.)

Expériences sur des canards. — J'ai pris des canards qui venaient do naître : je les ai divisés en deux lots. Le premier lot a été nourri avec la pâtée do farine de maïs et d'eau qui sert dans toutes les fermes ; le deuxième lot a été nourri avec la même pâtée, plus du sang desséché dans les proportions de deux tiers de l'une et d'un tiers de l'autre. Tous mos canards du premier lot ont succombé au bout de quelquo temps; tous ceux soumis à l'alimentation sur-azotée ont résisté, prospéré, et sont devenus énormes, malgré les déplorables conditions climatériques dans lesquelles ils ont été élevés.

Expériences sur des poulets. — Les mêmes conditions climatériques fâcheuses qui m'ont nui dans mes expériences sur les canards sont intervenues dans mes recherches sur les poulets. Une couvée de race Houdan

pure, composée de 10 poulets, a été divisée en deux classes nourries de la même manière que les canards : beaucoup d'animaux ont succombé, mais aucun parmi ceux qui étaient nourris au sang. Quelques-uns de ces poussins, âgés de trois mois, pesaient près d'un kilogramme.

Expériences sur des faisans. — Les recherches que j'ai faites sur les faisans seront, je crois, importantes si les résultats se confirment et se généralisent.

On sait qu'à l'état de poussin le faisan est carnivore ; il se nourrit uniquement de larves de fourmis et d'insectes. Les propriétaires de faisanderies savent combien il est difficile de se procurer ces larves ; il faut quelquefois aller les chercher à une grande distance ; le prix de revient est énorme, c'est ce qui fait que l'élevage du faisan est un grand luxe. J'ai donné à de jeunes faisandeaux d'un mois la pâtée qui servait à mes canards et à mes poulets. Ils l'ont acceptée avec plaisir, et, pendant cinq mois, ont été uniquement nourris de cette manière.

34. — Influence du régime azoté sur la production de la laine.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

Je me suis demandé si le régime azoté n'était pas capable d'augmenter le système pileux, qui contient lui-même tant d'azote.

Trois agneaux nourris au régime ordinaire m'ont donné 555 grammes de laine. Trois autres, nourris au régime sur-azoté, m'ont donné 1060 gr. Il y aurait intérêt à répéter cette expérience en grand.

35. — Influence de l'eau oxygénée sur les fermentations.

(En commun avec Paul Bert.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

1° L'eau oxygénée arrête, suspend ou empêche toutes les fermentations par ferments figurés. Elle empêche la putréfaction.

2° Elle est sans action sur les ferments non figurés.

Dans le mémoire original, un grand nombre de faits et d'expériences établissent cette loi.

36. — Action des matières albuminoïdes sur l'eau oxygénée.

(En commun avec Paul Bert.)

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1882.)

La fibrine décompose l'eau oxygénée, mais il n'en est pas de même si elle a été peptonisée par la digestion.

La matière fibrinogène et la fibrino-plastique sont également sans action. Il faut que la fibrine soit constituée pour agir. Le sérum du sang décompose énergiquement l'eau oxygénée. Les tissus conjonctifs ont la même action que la fibrine du sang. Le tissu de foie, bien lavé, a une action instantanée.

Les champignons, l'orge germée ont une action très intense.

Toutes ces substances deviennent inertes si elles ont passé à 70°.

Parmi les liquides pathologiques, celui de la pleurésie est le seul actif.

La putréfaction n'enlève pas l'activité décomposante aux substances qui la possèdent.

37. — Influence de l'eau oxygénée sur les venins.

(En commun avec Paul Bert.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1882.)

A. — *Charbon.*

1° Nous avons injecté sur un cobaye quelques gouttes d'une culture charbonneuse remplie de spores, culture qui nous avait été fournie par M. Pasteur.

A un autre cobaye, nous avons injecté la même culture mise en rapport pendant cinq minutes avec l'eau oxygénée à 10 volumes. Trente heures après, les deux animaux étaient morts.

Nous avons alors recommencé l'expérience, mais en laissant la culture en rapport avec l'eau oxygénée pendant une heure, et en prenant soin de bien mélanger les deux liquides avec une baguette de verre.

Trente-six heures après, le cobaye inoculé avec la culture intacte était mort, et son sang, rempli de bactéridies, donnait le charbon à deux autres animaux, tandis que le cobaye inoculé avec la culture traitée par H^2O^2

était encore en excellente santé. Ce dernier animal a vécu ensuite indéfiniment.

2° Nous inoculons deux cobayes : A, avec du sang charbonneux très virulent; B, avec le même sang ayant séjourné cinq minutes avec trois fois son volume environ d'eau oxygénée à 10 volumes.

Le lendemain, A est mort et son sang rempli de bactéridies; B ne succombe que soixante heures après l'inoculation.

Comme pour la culture, nous recommençons l'expérience, et nous laissons le sang charbonneux pendant deux heures en contact avec H^2O^2. Dans ces conditions nouvelles, le cobaye inoculé au sang pur meurt le lendemain, tandis que l'autre continue à vivre indéfiniment.

Il résulte donc de nos expériences que l'eau oxygénée tue les bactéridies *et même les spores*, à la condition toutefois de rester quelque temps en contact avec ces êtres. Nous noterons que le mélange du sang et de l'eau oxygénée doit être fait avec le plus grand soin, sans quoi on risquerait d'injecter des parties qui n'auraient pas été annihilées.

B. — *Virus vaccinal.*

Le vaccin a été divisé en deux parties.

L'une d'elles a été additionnée d'une certaine quantité d'eau oxygénée, pendant toute une nuit, à la température moyenne d'une quinzaine de degrés.

Le lendemain, on a inoculé le liquide de mélange à 5 enfants, à raison de quatre piqûres à chaque bras.

De ces enfants, un, qui était chétif, est mort le lendemain; un autre a été perdu de vue; sur deux autres, il n'y a eu aucune pustule; enfin, sur un cinquième, trois pustules se sont développées normalement.

Les piqûres faites avec le vaccin *témoin* ont été suivies de succès.

Ces expériences ont besoin d'être multipliées; mais les trois pustules obtenues ont une grande valeur démonstrative.

C. — *Venin du scorpion.*

Nous avons répété sur le venin du scorpion et avec les mêmes précautions l'expérience que nous avions faite sur le virus charbonneux.

Pour cela, nous avons soigneusement pilé avec de l'eau oxygénée la vésicule d'un scorpion d'Algérie.

Nous avons laissé les deux liquides en contact pendant vingt-quatre heures, puis nous les avons desséchés dans le vide et injectés sous la peau d'un cochon d'Inde. Un quart d'heure après, l'animal se couche, puis se roule sur le dos; il est pris de convulsions, il urine. Cet état dure douze minutes, et l'animal succombe avec tous les signes ordinaires de la mort par le venin de scorpion.

En résumé, l'eau oxygénée :

1° N'agit nullement sur le venin du scorpion;

2° Tue les microbes du faux virus charbonneux et leurs spores;

3° Paraît ne pas agir sur le virus vaccin.

38. — L'eau oxygénée et le virus morveux.

(En commun avec Paul Bert.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1883.)

M. Chauveau a bien voulu, sur notre demande, nous envoyer des tissus morbides provenant d'un cheval mort de la morve : c'étaient des fragments d'amygdale et de muqueuse pharyngienne.

Ils ont été divisés en deux parts et soigneusement broyés. L'une a été additionnée d'un volume d'eau double environ de son propre volume.

L'autre a reçu, en même proportion, de l'eau oxygénée à 8 volumes d'oxygène.

Toutes deux n'ont pu être inoculées que le cinquième jour après la mort de l'animal qui les avait fournies.

Les deux ânes inoculés sont morts avec tous les symptômes de la morve aiguë, l'un (eau simple) 7 jours, l'autre (eau oxygénée) 12 jours après l'inoculation.

L'eau oxygénée n'a donc pas détruit la virulence des tissus morveux. Rien ne prouve même que le retard de la mort provienne de son fait.

Il y aurait à chercher si, dans les tissus morveux, l'eau oxygénée conserverait longtemps la virulence en empêchant la putréfaction.

39. — Transformation des substances albuminoïdes en albuminose sous l'influence de l'eau oxygénée.

(En commun avec Paul Bert.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1883.)

I. — *Action de l'eau oxygénée sur l'albumine.*

Si on verse une certaine quantité d'eau oxygénée parfaitement neutre (et en train, par conséquent, de se décomposer abondamment) dans une solution bien filtrée d'eau albumineuse, on voit celle-ci prendre subitement des caractères particuliers. De légèrement louche qu'elle était, elle devient absolument transparente. L'albumine n'est plus coagulable par la chaleur, même en présence des acides faibles. C'est une modification subite qui se produit, et cette modification persiste même quand il n'y a plus d'eau oxygénée en présence. En effet, nous pouvons détruire celle-ci par l'oxyde de manganèse, filtrer, chauffer de nouveau, l'albumine ne se coagule pas plus qu'avant.

L'acide nitrique conserve la propriété de coaguler cette nouvelle albumine.

Nous avons voulu voir si cette substance nouvelle avait des propriétés optiques particulières. Une solution d'albumine déviait le plan de polarisation de 60 divisions vers la gauche. Après l'addition de quelques gouttes d'eau oxygénée, la déviation n'était plus que de 42 divisions. L'eau oxygénée avait donc ramené le plan de polarisation d'un tiers environ vers la droite.

En mettant la nouvelle albumine que nous avions obtenue dans un dialyseur, nous avons pu voir qu'au bout de vingt-quatre heures une très faible portion de sa substance avait diffusé. Et même la partie qui avait passé à travers la membrane avait des propriétés spéciales. Elle n'était coagulable ni par l'acide nitrique, ni par le tannin, ni par la liqueur de Brucke, ni par le cyanoferrure de potassium. En revanche, elle donnait avec l'alcool absolu un précipité blanc, floconneux, assez abondant, instantanément soluble dans l'eau en excès.

Cette substance semble résulter de l'action prolongée de l'eau oxygénée sur l'albumine et nous paraît être une albuminose particulière.

Toutes ces expériences, faites avec l'albumine de l'œuf, ont été répétées sans modification avec le sérum sanguin et l'urine humaine albumineuse.

II. — *Action de l'eau oxygénée sur les substances albuminoïdes non solubles. — Digestions artificielles.*

Nous mettons en contact pendant vingt-quatre heures, et dans des tubes tenus à 40 degrés, de l'eau oxygénée avec de la fibrine, de l'albumine cuite, de la viande cuite, du sang desséché, de la caséine coagulée. Notre eau oxygénée est très légèrement acidifiée par une goutte d'acide sulfurique, sans quoi elle se détruirait en quelques minutes. En examinant nos liquides après un jour, nous trouvons dans tous une substance incoagulable :

1° Par la chaleur;

2° Par l'acide nitrique.

Coagulable au contraire :

1° Par le tannin;

2° Par la liqueur de Brücke;

3° Par l'alcool absolu.

Pour éviter qu'on puisse accuser l'acide d'avoir donné naissance à ces différentes albuminoses, nous avons opéré avec de l'eau oxygénée tout à fait neutre; la digestion a été forcément beaucoup moins complète, l'eau oxygénée à 40 degrés se détruisait totalement en moins d'une heure, mais nous avons retrouvé toutes les albuminoses données par l'eau à peine acide.

Ces albuminoses étaient trop peu concentrées dans nos expériences pour être essayées au polarimètre, mais nous avons essayé de les soumettre au dialyseur. Nous avons vu alors que toutes ces substances passaient, mais très lentement, à travers la membrane de l'appareil et fournissaient toutes les réactions que nous venons de décrire.

40. — Sur la décomposition de l'eau oxygénée par la fibrine.

(En commun avec Paul Bert.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1882).

Nous avons utilisé, pour cette étude, notre appareil à fermentation. (Voir à la *Technique*.)

Nous opérons au moyen de fibrine très pure, desséchée dans le vide, pesée sèche, puis humectée de nouveau avec de l'eau. L'eau oxygénée que nous employons est exempte d'acide sulfurique et contient 10 volumes d'oxygène.

Nous avons pu voir en premier lieu que le dégagement de l'oxygène est *parabolique*.

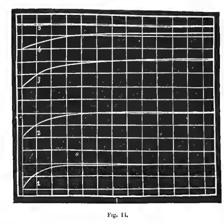


Fig. 14.

Un fait analogue avait été constaté par M. Berthelot. Ce savant, ayant fait une longue série d'analyses de l'oxygène contenu dans de l'eau oxygénée abandonnée à elle-même pendant des mois, a vu que les chiffres d'oxygène dégagé, réunis en courbe, donnaient une parabole. Notre cylindre enregistreur nous a donné la même courbe en quelques heures; la fibrine ne modifie donc pas le mode de décomposition du peroxyde d'hydrogène, elle l'active seulement.

En second lieu, nous avons vu que, contrairement à l'opinion émise par M. Béchamp, la fibrine encore intacte, placée dans l'eau oxygénée, ne décompose pas celle-ci complètement. Il y a un moment où la réaction s'arrête; et pourtant il reste encore beaucoup d'eau oxygénée, comme on

peut le démontrer en ajoutant un peu de bioxyde de manganèse ou de fibrine neuve au liquide en expérience. On verra ci-dessous deux courbes. Dans l'une, 20 grammes d'H^2O^2 ont été mis en présence de 2 grammes de fibrine. Dans l'autre, c'est 4 grammes de fibrine qu'on a mis en rapport avec les 20 grammes d'eau oxygénée; la parabole figurée sur le tracé montre un dégagement trois fois plus grand d'oxygène. La première fois, la réaction s'était donc arrêtée avant la décomposition totale.

Le résultat le plus singulier que nous ayons obtenu est relatif à la *reviviscence* de la fibrine sous l'influence du lavage. Quand la fibrine a arrêté son action, comme nous l'avons dit plus haut, il suffit de la laver pour lui rendre son influence. Celle-ci persiste, mais à un degré moindre; la fibrine, remise dans l'eau oxygénée intacte, dégage de moins en moins d'oxygène, et au 4e lavage elle est devenue tout à fait inerte. La figure ci-contre est tout à fait démonstrative.

La courbe n° 1 a été obtenue par l'action de 2 grammes de fibrine sur 20 gr. d'eau oxygénée. La réaction arrêtée, on a lavé la fibrine, qui a donné la courbe n° 2 en présence de 20 autres grammes d'eau oxygénée. Les courbes 3, 4, 5 ont été obtenues à la suite de nouveaux lavages. On voit que l'activité de la fibrine était restée sensiblement la même en 1, 2 et 3, qu'elle avait beaucoup diminué en 4, et disparu complètement après le quatrième lavage.

41. — Production d'alcool dans les fruits sous l'influence de l'eau oxygénée.

(En commun avec PAUL BERT.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Quand on place des fruits dans l'oxygène comprimé, la cellule végétale se met à faire de l'alcool, exactement comme si on l'asphyxiait par l'acide carbonique.

L'oxygène en tension chimique dans l'eau oxygénée a la même action.

Nous laissons quelques kilogrammes de cerises en contact pendant dix-huit mois avec du peroxyde d'hydrogène. Au bout de ce temps, nous en retirons 257 grammes d'alcool éthylique pur.

42. — Action de l'eau oxygénée sur le sang.

(En commun avec Paul Bert.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

L'eau oxygénée mise en rapport avec le sang se détruit presque instantanément. Elle détruit l'hémoglobine avec une grande intensité.

Enfin elle produit des embolies gazeuses dans les artères. Nous pensons donc qu'il serait dangereux de l'injecter dans le système sanguin pour y détruire les ferments.

43. — Sur l'emploi de l'eau oxygénée en thérapeutique.

(En commun avec Paul Bert.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885. Voyez aussi la note de MM. Péan et Baldy dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1880.)

L'eau oxygénée arrête instantanément la putréfaction et toutes les fermentations dues à des organismes figurés. Cette propriété, que nous avons découverte dès 1880, devait avoir en thérapeutique des conséquences qu'il est facile de concevoir, aujourd'hui qu'il est démontré que beaucoup d'affections sont de nature parasitaire.

Les premiers essais ont été faits, sur nos indications, par MM. Péan et Baldy; on les trouvera réunis dans la thèse de M. Larrivé.

Nous nous étions placé à deux points de vue : l'eau oxygénée, tuant les microbes, doit donc être un antiputride énergique; de plus, elle se décompose lentement en présence des liquides des plaies, il doit donc se faire à la surface de celles-ci un dégagement continuel d'oxygène, un véritable bain, comme ceux que recommandaient autrefois Laugier et Demarquay.

L'eau oxygénée plus ou moins étendue a été appliquée sur toutes sortes de plaies résultant de traumatismes ou d'interventions chirurgicales, depuis de simples panaris jusqu'aux grandes plaies de l'ovariotomie. La réunion s'est toujours faite avec rapidité, et jamais aucun cas d'infection purulente ou putride n'a été observé.

L'eau oxygénée a été aussi employée en injections dans les cavités ou dans les trajets purulents; son effet a été excellent. Mais c'est surtout sur

les ulcères simples, atoniques et torpides que, de l'aveu général, le résultat a été frappant : la réparation, si lente d'ordinaire, s'est toujours faite avec rapidité; dans les plaies gangreneuses, les syphilides ulcéreuses, la désinfection a été instantanée et la guérison prompte.

On n'a plus guère de doute, aujourd'hui, sur la nature parasitaire de l'*ophthalmie purulente*. L'eau oxygénée du commerce, neutralisée soigneusement, a été utilisée contre cette affection avec succès. L'*ophthalmie blennorrhagique* cède très rapidement au traitement (Larrivé).

Nous citerons encore, comme affection chirurgicale, la *cystite chronique*, qui est très rapidement modifiée et guérie par les lavages au peroxyde d'hydrogène.

La *blennorrhagie* et la *vaginite* sont détruites avec une grande promptitude par les lavages à l'eau oxygénée.

Voilà ce qui a été fait jusqu'à présent en chirurgie. Il n'ost pas douteux qu'on ne puisse faire encore davantage, surtout quand l'eau oxygénée sera mieux connue des chirurgiens. Ainsi, on pourra l'injecter dans les kystes hydatiques, afin de tuer les parasites.

En médecine, l'eau oxygénée a déjà été souvent employée sur nos indications.

La première affection que l'on ait essayé de traiter est la *diphtérie*. Les cas ne sont pas nombreux.

Certainement, cette substance mériterait d'être essayée d'une manière suivie, de préférence à toutes les drogues dont on charge l'estomac des diphtéritiques, sans aucune raison physiologique ou expérimentale.

L'eau oxygénée n'arrête pas la reproduction des membranes; mais elle modifie profondément les sécrétions infectieuses sous-jacentes à la membrane.

Le *muguet*, maladie certainement parasitaire, cède très rapidement à l'eau oxygénée : un certain nombre d'essais ont été déjà faits sur ce point.

L'*herpès circiné* est également détruit avec une grande rapidité.

Les diverses *teignes* (favus, trichophytes) résistent, à cause de la difficulté de faire pénétrer le médicament jusqu'au bulbe pileux.

Le *pityriasis versicolor* disparaît par quelques applications d'eau oxygénée, qui joint là son effet décolorant à une action parasiticide. Les *masques* de grossesse cèdent à une ou deux applications.

Il y aurait encore beaucoup à faire dans ce sens.

On tend de plus en plus à admettre que certaines *gastrites, entérites, diarrhées et dysenteries*, surtout celles des pays chauds, sont de nature microbaire. On pourrait les traiter par des capsules et des lavements à l'eau oxygénée. La décomposition de cette substance au contact des tissus aurait encore pour avantage de répandre dans le tube digestif une certaine quantité d'oxygène pur qui pourrait activer les diverses fermentations de la digestion.

Il n'y a pas jusqu'à la *phtisie*, dont la cause parasitaire est aujourd'hui admise par beaucoup de médecins, qui ne gagnerait peut-être à un traitement par l'eau oxygénée. Nous avons injecté cette substance par la trachée à des chiens qui n'ont manifesté aucune gêne : on pourrait peut-être la faire pénétrer dans le poumon au moyen de ces pulvérisateurs qui servent à introduire les caux sulfureuses jusque dans la trachée dans tous les établissements thermaux.

Nous signalerons encore la *stomatite ulcéro-membraneuse* parmi les maladies dans lesquelles on pourrait essayer le peroxyde d'hydrogène.

Outre son action intense, cette substance a encore quelques avantages : 1° elle n'a aucune odeur; 2° elle n'occasionne aucune douleur; 3° elle n'est pas toxique, et elle ne peut même pénétrer dans le sang, puisqu'elle se décompose intégralement au contact du plasma.

44. — Note sur l'expression graphique de la fermentation alcoolique.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1884.)

Quand on étudie avec l'appareil que l'on trouvera décrit dans la partie technique de cette notice une combinaison ou une décomposition (action de HCL sur Zn ou action de la fibrine sur H^2O^2) on voit que la courbe est toujours une parabole. Il y a, dans ce cas, un mouvement uniformément ralenti (fig. 15).

Il n'en est plus de même s'il s'agit d'une action vitale.

Il y a d'abord une première période où rien n'est apparent : c'est ce que nous avons appelé le temps perdu. Puis a lieu la fermentation tumultueuse, qui donne une ligne droite (mouvement uniforme), fig. 16.

Puis tout se ralentit, et arrive la courbe ordinaire des actions chimiques, la parabole.

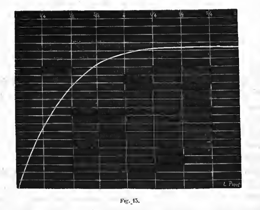


Fig. 15.

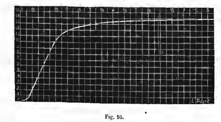


Fig. 16.

45. — Étude du temps perdu de la fermentation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Le temps perdu n'est pas dû à la nécessité d'une pénétration du sucre jusqu'au protoplasma, car la levure déjà imbibée d'eau sucrée donne un

temps perdu égal à celui de la levure fraîche. Le temps perdu ne tient pas à la dissolution de l'acide carbonique dans l'eau de l'appareil, car il a lieu dans l'eau saturée préalablement de CO^2. Il ne tient pas non plus à la consommation de l'oxygène dissous dans l'eau où se passe la fermentation, car on le retrouve même quand cette eau a été bouillie dans le ide.

Il tient à la nécessité d'une sorte d'excitation de la cellule de levure

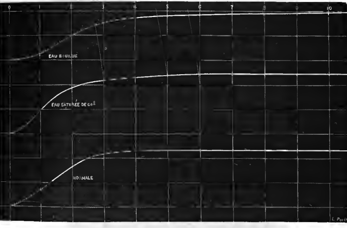


Fig. 17.

par le sucre. Il est, en effet, en raison inverse de la concentration du liquide. Il est faible quand les liquides sont très sucrés, prolongé, au contraire, quand les liquides fermentants sont très étendus.

46. — Étude graphique du troisième temps de la fermentation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Si on arrête une fermentation au moment où commence la courbe parabolique et si on recherche le sucre dans le liquide, on n'en trouve plus trace.

Pourtant le dégagement d'acide carbonique continue en se ralentissant peu à peu. Ce fait est un phénomène de respiration. La levure, excitée, continue son action sur ses propres matériaux. Cette action diminue en même temps que ces matériaux mêmes, d'où le rapide infléchissement de la courbe.

47. — Action de la température sur la fermentation alcoolique.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

1° Quelles sont les températures extrêmes que peut supporter la levure sans perdre son action;

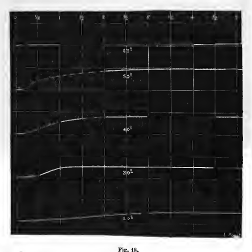


Fig. 18.

2° Quelle est la température optima pour la fermentation.

Nous avons soumis la levure à des températures allant de — 100° (acide carbonique solide et éther) à + 60°.

On voit que la levure qui a subi — 20° vit encore mais qu'elle est affaiblie. Celle qui a supporté — 40° est morte. La température de + 60° a le même résultat.

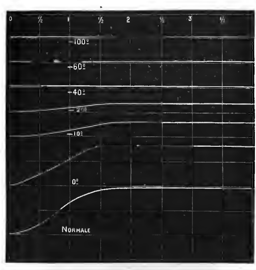


Fig. 19.

La température de + 40° nous semble être la température optima de la fermentation. Elle y est, en effet, complète et rapide.

48. — Influence des divers agents physiques : pression, électricité, magnétisme, lumière, sur la fermentation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1886.)

De la levure soumise à 600 et même à 1000 atmosphères peut encore agir, mais à ce degré elle a beaucoup perdu de sa puissance.

L'étincelle électrique n'a d'action que si elle est énorme (des étincelles de 50 centimètres, venues d'une bobine de Rhumkorff). Elle ralentit alors beaucoup la fermentation.

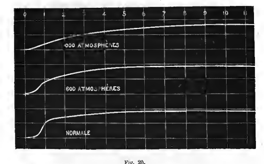


Fig. 20.

L'électricité en quantité (10 Bunsen) tue la levure irrémédiablement.

En soumettant une fermentation à l'action de l'aimant de Faraday animé par 60 Bunsen, on voit que la fermentation est un peu ralentie.

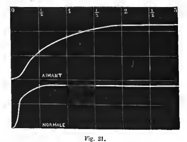


Fig. 21.

La lumière semble aussi augmenter l'activité de la levure de bière.

La source lumineuse qui a permis d'obtenir la figure ci-jointe était un régulateur actionné par 60 Bunsen. Ses rayons étaient concentrés sur le liquide en fermentation.

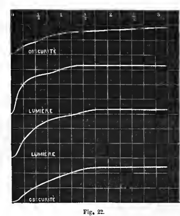


Fig. 22.

49. — Action des anesthésiques sur la fermentation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

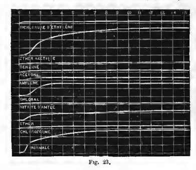


Fig. 23.

Nous avons placé dans notre appareil de la levure avec les principaux anesthésiques connus (fig. 23).

Le chloroforme entrave beaucoup plus la fermentation que l'éther. En revanche, le bichlorure d'éthylène, la benzine, l'aniline, le nitrite d'amyle, l'acétone et la benzine arrêtent presque complètement le phénomène.

50. — Action des poisons végétaux sur la fermentation alcoolique.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Il était intéressant de rechercher quelle pouvait être l'action des poi-

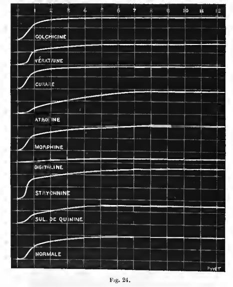


Fig. 24.

sons végétaux sur le protoplasma végétal. En effet, chez l'être vivant ils

demeurent l'un près de l'autre, comme le venin demeure dans les tissus mêmes de la glande de la vipère.

En jetant un coup d'œil sur les courbes fournies par l'appareil, on verra que certaines substances, le curare, la morphine, la colchicine et la cocaïne sont sans action. Les strychnées activent, au contraire, la fermentation; la digitaline, l'ésérine, la cicutine, diminuent beaucoup la puissance des ferments (fig. 24).

51. — Influence de la cocaïne sur la fermentation alcoolique.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

La cocaïne n'est pas un poison ni un anesthésique du protoplasma en général comme le chloroforme ou l'éther. Ce qui le démontre, c'est qu'elle est tout à fait sans action sur la cellule de levure.

52. — Recherches sur la respiration des animaux aquatiques.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Archives de physiologie*, 1877.)

Au moyen de la méthode que nous avons décrite (voyez Technique), nous étudions la respiration chimique des êtres qui vivent dans l'eau.

Notre premier soin est d'étudier le *milieu respirable*, l'eau, quant à la quantité de gaz qu'elle contient dans les fleuves et dans la mer. Ces analyses, faites avec la pompe à mercure, sont d'une précision très grande. L'eau de la Seine et de ses affluents, des lacs et des étangs de la France, est successivement analysée sur place.

Nous analysons ensuite l'eau de la mer dans différents parages, et nous trouvons les résultats suivants :

GAZ DE L'EAU DE MER (rapportés à 1 litre d'eau).

GAZ LIBRES			CO^2 LIÉ	OBSERVATIONS
OXYGÈNE	AZOTE	ACIDE CARBONIQUE		
5,6	3,7	3,6	43,7	Croisic (septembre).
6,34	14,1	4,9	42,9	*Idem.*
5,7	12,9	2,1	41,5	*Idem.*
5,7	14,0	5,0	62,0	Dieppe (octobre).
4,5	12,5	9,2	35,5	Concarneau (août).
4,8	12,8	9,1	36,0	*Idem.*

Ces faits connus, nous recherchons l'action de la *température* sur la quantité des gaz dissous dans l'eau à diverses températures et sur leur influence sur l'existence des poissons. Nous trouvons que les poissons succombent à une température où ces animaux auraient encore bien assez d'oxygène dissous pour subsister.

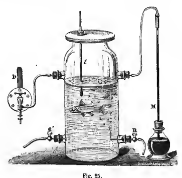


Fig. 25.

L'influence de la *pression barométrique* est étudiée par un appareil particulier (fig. 25).

Un poisson est placé dans un bocal tubulé, contenant de l'eau et de l'air, et hermétiquement fermé. L'atmosphère d'air du flacon est en rapport, par un de ses orifices, avec un manomètre à mercure M, qui donnera à chaque moment la pression de l'air dans l'appareil ; d'autre part, il est en rapport avec une trompe aspiratrice à eau D, permettant d'y faire un vide partiel déterminé par l'ouverture plus ou moins grande donnée au robinet R. De cette façon, la rentrée de l'air qui règle la pression sert en même temps à maintenir normale l'aération de l'eau.

Nous avons pu, au moyen de cet appareil, répéter sur les animaux aquatiques une expérience devenue classique, que M. le professeur Bert a instituée pour les animaux aériens.

Expérience I.

Un cyprin doré, du poids de 120 grammes, est placé dans l'appareil, et soumis graduellement et maintenu à une dépression constante de 62 centimètres (14 centimètres de pression réelle). L'expérience dure pendant sept heures. Le cyprin, qui est sur le flanc et offre une respiration haletante, est très souffrant et semble près de mourir.

Analyse de l'eau (1 litre) à la fin de l'expérience.

Oxygène	1,8
Azote	6,0
Acide carbonique	20,0

Expérience II.

Le même cyprin ayant servi à l'expérience précédente il y a cinq jours, et parfaitement remis, est placé à nouveau dans l'appareil, contenant 4 litres d'eau de Seine, et soumis à une dépression de 55 centimètres de mercure (11 centimètres de pression réelle), mais on fait barboter dans l'eau de l'air suroxygéné, au lieu d'air normal, de façon à augmenter la proportion de l'oxygène dissous dans l'eau.

L'expérience dure pendant dix-huit heures. L'animal est bien portant et ne paraît nullement souffrir.

Analyse de l'eau (1 litre) à la fin de l'expérience.

Oxygène....................	2,9
Azote.......................	4,5
Acide carbonique......... ...	31,6

Ainsi, à la condition de diminuer lentement la pression, à cause de la vessie natatoire du poisson, on voit que la dépression en elle-même est pour peu de chose dans le malaise éprouvé par l'animal; tout dépend de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Le cyprin, en effet, dans l'expérience II, n'est point malade, et pourtant il est à une pression réelle plus faible que dans l'expérience I; seulement l'eau contient plus d'oxygène dans la seconde expérience que dans la première.

On sait que lorsqu'on laisse séjourner des poissons dans une eau aérée qui ne se renouvelle pas, ceux-ci peuvent épuiser en grande partie l'oxygène dissous, et la mort des animaux a lieu lorsqu'il n'y a plus que quelques traces de gaz dans le liquide. On peut se demander si, dans l'asphyxie des poissons dans l'eau non renouvelée, la mort est le résultat de la privation de l'oxygène seul, et si l'accumulation graduelle de l'acide carbonique dans le liquide n'y entre pas pour quelque chose.

Pour démontrer ce point, nous avons recherché à quel moment mouraient des poissons dans une eau aérée normalement, mais dans laquelle on augmentait graduellement la proportion d'acide carbonique dissous, et nous avons toujours vu que la proportion de ce gaz qui doit être dissoute dans l'eau est infiniment supérieure à celle qui peut y être contenue, au moment de la mort des poissons dans l'eau non aérée.

Expérience III.

On place 2 cyprins dans 4 litres d'eau, et on fait barboter dans cette eau un double courant d'air et d'acide carbonique. Après vingt minutes de barbotage, les deux cyprins sont très malades, n'ont plus leur mode de station normale, et cinq minutes après un des poissons est mort et l'autre mourant.

On cesse alors le courant d'air et d'acide carbonique et on introduit dans le récipient vide de la pompe pneumatique à mercure 500 centimètres cubes

d'eau. L'extraction et l'analyse des gaz donnent les chiffres suivants, rapportés à 1 litre :

CO^2	306^cc
Oxygène	4,9

On voit donc que des cyprins meurent dans de l'eau aérée, et contenant une proportion normale d'oxygène (4^cc,9) lorsque cette eau contient environ 30 p. 100 de gaz acide carbonique.

Nous avons répété l'expérience précédente, mais en arrêtant le courant de CO^2 et d'air au moment où les cyprins sont encore vivants, mais déjà incommodés et n'ayant plus leur mode de station normale. L'analyse de l'eau, faite alors, nous a donné par litre :

CO^2	211^cc
Oxygène	4

Les quantités d'acide carbonique libre, à l'état de dissolution dans l'eau, nécessaires pour produire l'asphyxie chez les poissons, varient dans des limites qui dépendent de causes multiples (température, rapidité de l'accumulation du gaz acide dans le milieu), et surtout des espèces animales mises en expérience. L'oxygène, restant constant dans l'eau, si on augmente graduellement la proportion d'acide carbonique, on peut dire que les poissons sont très malades lorsqu'elle atteint 15 à 20 p. 100, et meurent lorsqu'elle monte de 20 à 30 p. 100.

De là il résulte que ce genre d'asphyxie ne doit jamais pouvoir se produire dans les conditions ordinaires (à moins de circonstances particulières qui favorisent l'accumulation de CO^2), et que toujours la mort des animaux aquatiques devra avoir lieu par privation d'oxygène, avant que le gaz acide n'ait pu s'accumuler dans l'eau en quantité suffisante, même pour produire des accidents.

Après avoir étudié le milieu respirable, nous avons étudié le *milieu respirant*, c'est-à-dire le sang, chez les animaux aquatiques. Voici les principaux faits que nous avons constatés.

D'abord l'oxygène, l'acide carbonique et l'azote qu'on trouve dans le sang des animaux supérieurs se trouvent également dans le sang des animaux aquatiques.

Nous avons, dans quelques expériences pratiquées sur les poissons, recherché la proportion des gaz contenus normalement dans le sang veineux. Ces expériences ont été faites sur l'anguille, qui offre une artère branchiale facile à découvrir et d'une longueur suffisante pour qu'on puisse y introduire les deux extrémités d'un tube en T, de façon à ne pas interrompre la circulation et la respiration chez l'animal pendant la prise du sang, qui est faite au moyen d'une seringue graduée, par l'orifice libre du tube à trois branches.

Les résultats suivants d'une analyse des gaz du sang, dont l'extraction a été faite au moyen de la pompe pneumatique à mercure, sont rapportées à 100 centimètres cubes de sang.

Oxygène..............................	3,7
Azote..............................	2,0
Acide carbonique..............................	33,0

Il eût été intéressant de faire connaître comparativement la composition gazeuse du sang veineux et du sang artériel, de façon à juger de la sorte de la quantité d'oxygène gagnée, ainsi que de la quantité d'acide carbonique perdue par le sang pendant son passage au travers de l'organe respiratoire branchial. Malheureusement, la difficulté qu'il y a, chez les poissons, à faire une prise de sang artériel à l'abri du contact de l'air, ne nous a pas permis d'arriver à ce résultat. Nous nous sommes donc contentés de donner la capacité respiratoire du sang chez l'anguille. Quand on agite du sang, dans un flacon rempli d'oxygène, jusqu'à ce que ce fluide en soit saturé, c'est-à-dire pendant quelques minutes, on trouve qu'il est capable d'absorber des quantités d'oxygène beaucoup plus grandes que celles qu'il contient normalement dans les vaisseaux. Dans ces conditions, le sang des poissons peut absorber des quantités de gaz oxygène qui varient entre 7 et 9 centimètres cubes pour 100 centimètres cubes de sang. Si on compare cette capacité respiratoire du sang chez les poissons à celle trouvée chez les mammifères, chez le chien, par exemple, dont le sang peut absorber de 20 à 28 centimètres cubes d'oxygène, on voit qu'elle est environ 3 à 4 fois moindre chez les premiers que chez les seconds. La différence est encore plus accentuée pour le sang des invertébrés, comme on le verra plus loin. Ces faits sont d'ailleurs en accord avec les analyses que Jones

a faites chez les animaux aquatiques, analyses qui démontrent que le sang, chez ces êtres, est très pauvre en principes organiques.

Le sang des animaux invertébrés (mollusques et crustacés) est, comme on le sait depuis longtemps, un liquide incolore, si on le compare au sang des animaux vertébrés, mais susceptible de prendre, sous l'influence de l'action de l'air, certaines colorations. C'est un liquide dichroïque; examiné par lumière réfléchie, il présente une belle coloration bleue outre-mer, qui devient brunâtre quand on regarde le liquide par lumière transmise. Il est, de plus, comme beaucoup de liquides organiques, fluorescent.

Bert, dans son mémoire sur la physiologie de la seiche, a étudié le sang chez cet animal et indiqué que sa coloration bleue est en rapport avec l'absorption de l'oxygène de l'air. On ne peut la rattacher, comme l'a fait Harless, à l'action de l'acide carbonique. Les expériences que nous avons faites sur le sang des crustacés démontrent d'une manière positive que les changements de couleur du sang, chez ces animaux, sont dus à la présence ou à l'absence de l'oxygène dans le liquide, et que l'acide carbonique n'a aucune influence dans le phénomène.

Nous recueillons une certaine quantité de sang de crabe, que nous agitons dans un flacon avec de l'oxygène ou de l'air, et nous remarquons que le liquide offre une belle coloration bleue ou brunâtre, suivant la façon dont on l'examine. Faisant alors le vide dans le flacon, de manière à soustraire les gaz, on voit que, à mesure que ceux-ci s'échappent du sang, ce liquide perd peu à peu sa couleur pour prendre une teinte rosée légèrement jaunâtre. On laisse ensuite rentrer dans le flacon de l'oxygène pur, et le sang reprend sa coloration première. L'hydrosulfite de soude, qui a la propriété d'enlever l'oxygène dans les liquides qui en contiennent, produit les mêmes effets que le vide sur le sang, qui peut ensuite recouvrer sa coloration par l'agitation à l'air.

Du sang de crabe privé d'oxygène, conserve sa coloration rosée quand on y fait barboter de l'acide carbonique pur, tandis que le même sang chargé de gaz acide redevient bleuâtre si on l'agite quelques instants avec de l'oxygène.

Si on traite le sang des crustacés par l'éther en excès et si on laisse reposer jusqu'au lendemain dans la glace, on voit qu'il s'est formé deux couches, l'une supérieure, formant un magma jaunâtre dans lequel on

pourrait reconnaître peut-être une cristallisation confuse, l'autre inférieure, limpide et transparente, renfermant toute la matière colorante bleue du sang. Ce liquide décanté offre une teinte bleue azurée très intense et se comporte, au point de vue des changements de couleur sous les diverses influences que nous avons signalées, comme le sang lui-même.

Nous avons recherché si dans l'examen spectroscopique on ne trouverait pas quelque caractère distinctif entre le sang oxygéné et le sang privé de gaz; nous n'avons reconnu aucune différence essentielle dans l'un et l'autre cas.

Nos extractions et nos analyses des gaz du sang chez quelques crustacés nous ont fourni des résultats qui méritent d'être signalés.

Chez l'écrevisse (*Astacus fluviatilis*), nous avons examiné les gaz contenus dans le sang, sans que celui-ci ait subi le contact de l'air. Les chiffres suivants sont, comme toujours, rapportés à 100 centimètres cubes de sang.

Acide carbonique....	10,5
Oxygène...........................	2,5
Azote	1,7

La recherche du plus grand volume d'oxygène absorbé par le sang des mêmes animaux et par le sang d'autres crustacés a fourni les résultats qui suivent :

GAZ	ÉCREVISSES	CRABES ENRAGÉS		CRABE-TOURTEAU	
Acide carbonique.	12,7	36,4	52,4	11,2	10,8
Oxygène.	3,5	3,0	3,2	2,4	4,4
Azote.	2,0	2,5	0,8	2,7	1,2
Azote carbonique combiné .	237,0	280,0	48,0	6,6	2,8

Deux points particuliers ressortent des analyses précédentes. Le premier, que nous signalons en passant puisqu'il n'a pas de rapport avec notre sujet d'études, c'est la très forte proportion d'acide carbonique combiné (plus du double du volume du sang) qui existe dans le sang des écrevisses et des crabes à certaines époques. Cet acide carbonique se trouve sous

forme de carbonate calcaire, lequel sert à la production des corps désignés sous le nom d'yeux d'écrevisses et qui se montrent à l'époque de la muc chez ces animaux.

Mais le point sur lequel il est surtout nécessaire d'insister, c'est la très faible proportion d'oxygène que le sang de ces invertébrés contient et est capable d'absorber.

Tous ces points étant élucidés, à la suite de longues recherches effectuées au laboratoire de Concarneau, nous avons fixé le taux respiratoire de chaque espèce.

Nous ne pouvons que donner une idée, sous forme de tableau, de cette partie très développée dans notre mémoire.

	CO^2	O	*CO^2*
Actinies	54	55	0,99
Astéries	25,4	31,5	0,80
Huîtres	10,7	13,4	0,80
Moules	9,6	12,4	0,77
Palourdes	12,6	15	0,84
Poulpe	40	46	0,86
Langouste	49	55	0,89
Homard	54	67	0,80
Crabe	87	107	0,81
Crevettes	108	124	0,83
Syngnathes	74	89	0,83
Squale	45,9	55	0,83
Sole	55	70,4	0,78
Torpille	33	54	0,61
Congre	33	43	0,76
Grondin	67	92	0,71
Dorade	93	142	0,65
Mulet	109	133	0,81

Conclusions. — Pour étudier la respiration des animaux aquatiques, la condition essentielle, indispensable, à laquelle on doit satisfaire tout d'abord, c'est que les êtres soient maintenus, pendant toute la durée de l'expérience, dans des conditions physiologiques aussi normales que possible. L'appareil que nous avons imaginé et décrit réalise complètement cette condition.

Les animaux à respiration aquatique, destinés à vivre dans un milieu très pauvre en oxygène et ayant, d'autre part, un fluide sanguin dont la capacité respiratoire est très faible, sont de tous les êtres ceux dont la respiration offre l'activité la moins considérable.

Dans l'acte de la respiration libre et naturelle, l'oxygène qui disparaît n'est pas exactement représenté par l'oxygène contenu dans l'acide carbonique produit, toujours le rapport $\frac{CO^2}{O}$ est plus petit que l'unité, c'est-à-dire que les animaux aquatiques, placés dans les conditions normales de leur existence, ne rendent jamais plus d'acide carbonique qu'ils n'absorbent d'oxygène. Si, dans des expériences sur la respiration des poissons, quelques physiologistes ont trouvé un volume d'acide carbonique supérieur au volume de l'oxygène absorbé, cela tient à ce que les animaux se trouvaient placés dans un milieu confiné, dont ils épuisaient graduellement l'oxygène (asphyxie dans l'eau aérée non renouvelée), et qui par conséquent n'était plus normal et respirable.

Comme chez tous les animaux à température variable, les variations thermiques ambiantes ont, chez les êtres aquatiques, une influence considérable sur l'intensité des phénomènes chimiques de la respiration. En prenant comme limites extrêmes compatibles avec la vie, la température de 2° et de 30° du milieu extérieur, les quantités d'oxygène absorbées varieront, toutes choses égales d'ailleurs, dans le rapport de 1 à 10, au minimum.

Parmi les autres causes qui peuvent influer sur l'activité de la respiration, en dehors des conditions relatives à l'espèce, les plus importantes, après la température, sont l'état de jeûne et de digestion, la taille, l'état d'activité musculaire plus ou moins grand des animaux.

Nos expériences nous ont donné, tantôt un faible dégagement d'azote, quelquefois une absorption. Mais nous ne pouvons actuellement répondre de ce point de la respiration, parce que les déterminations relatives à l'azote sont dans la limite des erreurs d'expériences, à cause de la faiblesse respiratoire des êtres à sang froid. Chez la plupart des poissons, une autre cause d'erreur peut provenir des changements survenus dans la composition gazeuse de la vessie natatoire.

L'Académie des sciences a récompensé ce mémoire, par une mention très honorable en 1877.

53. — Étude sur la respiration intestinale du *Cobitis fossilis*.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1877.)

Depuis longtemps on connaît la particularité offerte par le *Cobitis fossilis* d'avaler de l'air par la bouche pour le rejeter par l'anus, après l'avoir dépouillé d'une quantité plus ou moins grande d'oxygène. Ermann, qui le premier a fait à ce sujet d'intéressantes observations, a montré que cette sorte de respiration intestinale surajoutée est suffisante, même pour entretenir la vie de ces poissons.

Ayant eu un certain nombre de *Cobitis* à notre disposition, nous avons cru devoir reprendre l'étude de la respiration de ces êtres pour la préciser davantage.

Nous avons d'abord, au moyen de notre méthode pour l'étude de la respiration des animaux aquatiques, déterminé les quantités d'oxygène absorbé et d'acide carbonique exhalé dans l'acte respiratoire normal (respiration branchiale et intestinale simultanément) par les *Cobitis fossilis*.

6 de ces animaux, pesant ensemble 95 grammes, furent placés dans notre appareil et y séjournèrent soixante-dix heures par une température qui a varié entre 17° et 22°.

Les résultats de l'expérience ont été les suivants :

Volume de l'oxygène consommé	579cc,8
Volume de l'acide carbonique exhalé	454 4
Volume de l'azote exhalé	8 3
Rapport entre le volume de l'oxygène contenu dans l'acide carbonique exhalé et le volume de l'oxygène consommé.	0 78
Volume de l'oxygène consommé par heure et par kilogramme d'animal	86 3

Dans une autre série d'expériences, nous avons recherché dans quel rapport se trouvent entre elles la respiration intestinale et la respiration branchiale du *Cobitis*. Nous avons trouvé que la quantité d'oxygène de l'air absorbé par l'intestin est environ moitié moindre que celle absorbée par les branchies. Ainsi, sur les 86cc,3 d'oxygène absorbés par heure et par kilo-

gramme de poisson, dans la respiration complète, 27^{cc},9 le sont par la muqueuse intestinale et 58^{cc},4 par les branchies.

Quant à l'acide carbonique rendu, comme Baumert et Bischoff l'avaient déjà indiqué, il est excrété presque en totalité par les branchies, 5 centimètres cubes seulement s'en allant par l'autre voie.

L'analyse des gaz rendus par l'anus nous a montré que l'air était moins dépouillé d'oxygène que ne l'avaient indiqué les observateurs précédemment cités. Nous avons trouvé qu'il contenait de 15 à 18 p. 100 d'oxygène.

Ermann ayant montré que l'oxygène absorbé par l'intestin pouvait suffire aux besoins de la respiration, nous avons fait la contre-épreuve et nous avons vu que l'on peut supprimer ce mode de respiration, sans danger pour l'animal, au moins pendant un temps assez long (vingt-quatre heures et plus).

Un *Cobitis* est placé dans un appareil traversé par un courant d'eau aérée, et disposé de telle façon que l'animal peut avaler à volonté le gaz qui est au-dessus de l'eau, pour l'expulser d'autre part dans un tube gradué. Le gaz qui surnage étant de l'hydrogène pur, l'animal peut vivre dans ces conditions, sans inconvénient, comme lorsqu'il est maintenu sous l'eau aérée. Nous avons observé, de plus, ce fait intéressant : c'est que le poisson semble en quelque sorte avoir conscience de l'inutilité, dans ce cas, de sa respiration intestinale, et au lieu de rejeter par l'anus 8 centimètres cubes de gaz par heure, comme il le ferait en avalant l'air ordinaire, il n'expulse plus que 1 centimètre cube d'hydrogène environ dans le même temps. Si on remplace l'atmosphère d'hydrogène par une atmosphère d'oxygène, les autres conditions restant les mêmes, on voit que la quantité de ce gaz rendue par l'anus est également diminuée et varie entre 5 et 6 centimètres cubes à l'heure. Dans le premier cas, l'atmosphère étant inerte, l'animal, pour suppléer à la respiration intestinale suspendue, augmente le nombre des mouvements respiratoires des ouïes ; dans le deuxième cas, les deux modes respiratoires se ralentissent simultanément, l'oxygène pénétrant dans le sang par la muqueuse intestinale en quantité plus considérable.

En sorte que, chez le *Cobitis fossilis*, pour ce qui est de l'absorption de l'oxygène, la respiration intestinale et la respiration branchiale peuvent se suppléer l'une l'autre ; mais la respiration branchiale est toujours nécessaire pour l'excrétion de l'acide carbonique.

54. — Phénomènes chimiques de la respiration chez les hirudinées.

(En commun avec M. JOLYET.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876.)

Les hirudinées ne prenant de nourriture que très rarement, il était à prévoir que cet acte aurait sur l'intensité de leur respiration une influence considérable. C'est ce que démontre notre expérience.

Un kilogramme de sangsue à jeun produit : CO^2 : 18,4, absorbe O : 24,2; en digestion : CO^2 : 39,7 — O : 43.

$\frac{CO^2}{O}$ à jeun = 0,689; en digestion : 0, 902.

55. — Production d'hémoglobine cristallisée dans le tube digestif des sangsues.

(En commun avec M. JOLYET.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876.)

Nous avons constaté un fait assez curieux : quand des sangsues ont pris sur un chien une certaine quantité de sang, ce liquide se conserve de longs mois dans leur tube digestif sans s'altérer; il y reste même rouge et artérialisé. De plus, l'hémoglobine cristallise et forme de véritables paquets de cristaux.

56. — Respiration du *Gammarus pulex*.

(En commun avec M. JOLYET.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876.)

En ramenant le produit des combustions à ce qu'aurait produit un kilogramme d'animal dans l'unité de temps, on voit que l'intensité des phénomènes respiratoires est très grande chez le *Gammarus pulex*.

CO^2 produit.	95^{cc}
O absorbé	131

Rapport $\frac{CO^2}{O} = 0,72$.

57. — Phénomènes chimiques de la respiration chez les axolotls.

(En commun avec M. JOLYET.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876).

Les produits de combustion de l'axolotl par kilogramme et par heure et par une température qui a varié de 7 à 9 degrés ont été les suivants :

CO^2 produit. . . . . . . 26^cc^

O absorbé. . . . . . . 45^cc^

$$\text{Rapport } \frac{CO^2}{O} = 0.599.$$

58. — Note sur la présence de l'hémoglobine dans le sang des crustacés branchiopodes.

(En commun avec M. BLANCHARD.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1883.)

Nous avons examiné la substance rouge que l'on rencontre dans le sang de l'*Apus productus*. Pour nous, c'est de l'hémoglobine. Elle donne au spectroscope les mêmes bandes d'absorption; le sulfhydrate d'ammoniaque la réduit.

L'oxyde de carbone l'empêche enfin d'absorber l'oxygène.

59. — Chimie du sang chez les caïmans et chez le crocodile.

(En commun avec M. BLANCHARD.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1881.)

La chimie du sang des vertébrés à sang froid est encore fort peu connue. Aussi avons-nous porté d'une façon toute spéciale notre attention sur ces questions encore obscures. Nous avons examiné à cet égard un caïman à museau de brochet, long de $1^m,33$ et un crocodile long de $2^m,42$.

Nous avions noté déjà que le sang des vertébrés à sang froid contenait une quantité de fibrine notablement supérieure à celle que renferme le

sang des animaux à sang chaud. En ce qui concerne les crocodiles, nous avons pu faire la même constatation. Déjà, au sortir du vaisseau, le sang se coagule presque instantanément, ce qui chez ces animaux est une excellente condition pour le vivisecteur; en raison de ce fait, les hémorrhagies sont, en effet, de très courte durée, et le plus souvent l'emploi des pinces hémostatiques est tout à fait superflu.

La quantité de fibrine contenue dans 1000 grammes de sang s'est trouvée, chez le crocodile, égale à $7^{gr},25$.

La lymphe elle-même renferme de grandes quantités de fibrine. Au cours de nos vivisections, notamment en préparant la veine abdominale, il nous est arrivé d'ouvrir de gros vaisseaux lymphatiques, qui laissaient s'écouler une certaine quantité de la lymphe qu'ils renfermaient. Presque immédiatement, il était aisé de voir cette lymphe se coaguler et se prendre en gelée, et la *lymphorragie* s'arrêtait aussitôt. S'il eût été possible de se procurer des quantités de lymphe suffisantes pour en faire une analyse, la fibrine y eût été dosée, et nul doute que les chiffres obtenus eussent été fort peu différents de ceux que nous avons donnés plus haut pour le sang.

Nous avons cherché encore à déterminer la capacité respiratoire du sang; pour le caïman, elle est égale à 8,4; pour le crocodile, elle était de 7,4 seulement. Cette différence s'explique fort bien, si l'on considère que le caïman, renfermé depuis une année à la ménagerie du Muséum, était depuis lors abondamment nourri, tandis que le crocodile n'avait pris aucun aliment depuis son départ de Cochinchine. Il est intéressant de remarquer que cette capacité respiratoire est la même que celle qui a été observée déjà chez les poissons par MM. Jolyet et Regnard.

Les recherches les plus importantes sur la chimie du sang ont trait à l'analyse des gaz du sang. L'opération qui consiste à dénuder les vaisseaux est assez délicate, aussi croyons-nous devoir donner à cet égard quelques indications topographiques.

Si l'on veut extraire le sang des gros vaisseaux de la base du cœur, l'animal étant solidement fixé sur le dos, on ouvre la cavité thoracique sur la ligne médiane, au niveau de la septième rangée d'écailles en arrière du collier gulaire. On atteint de la sorte un paquet considérable de vaisseaux, noyé au milieu d'un abondant tissu conjonctif qu'il s'agit de disséquer avec le plus grand soin.

La préparation terminée, on place des canules dans l'aorte *gauche*, partie du ventricule *droit*, partie par conséquent du cœur *veineux*, et dans l'aorte *droite*, partie du ventricule *gauche*, partie par conséquent du cœur *artériel*. L'analyse du sang extrait de l'aorte *gauche* a donné les résultats suivants :

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 = 41^{cc},6 \\ O = 3\ \ 7 \\ Az = 2\ \ 0 \end{array}\right\} \text{ pour } 100^{cc} \text{ de sang.}$$

Quant au sang artériel, extrait de l'aorte droite, voici les chiffres donnés par l'analyse :

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 = 25^{cc},0 \\ O = 7\ \ 0 \\ Az = 2\ \ 0 \end{array}\right\} \text{ pour } 100^{cc} \text{ de sang.}$$

Nous avons également analysé le sang de la veine abdominale. Ce vaisseau peut être atteint au point où il croise la face inférieure de l'estomac; pour le dénuder en cet endroit, on doit faire l'incision sur la ligne médiane de l'abdomen, au niveau des 15[e] et 16[e] rangées d'écailles à partir du collier gulaire. La peau coupée, il importe de chercher la veine avec les plus grandes précautions, car ses parois sont fort minces et le moindre coup de scalpel porté avec précipitation pourrait compromettre le résultat de l'expérience.

L'analyse des gaz du sang de la veine abdominale a donné les résultats suivants :

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 = 50^{cc},4 \\ O = 1\ \ 1 \\ Az = 1\ \ 8 \end{array}\right\} \text{ pour } 100^{cc} \text{ de sang.}$$

Nous avons enfin voulu analyser également le sang de l'aorte abdominale. Ici, l'opération devenait encore plus difficile que précédemment. Il ne s'agissait, en effet, rien moins que d'ouvrir largement le péritoine, d'attirer au dehors la masse intestinale, de disséquer l'estomac pour le déjeter également en dehors, et c'est seulement après toutes ces opérations délicates qu'il était possible d'atteindre le vaisseau, au point où il passe le long du bord droit de la colonne vertébrale, entre celle-ci et la rate.

Le sang de l'aorte abdominale contenait :

$$\left.\begin{array}{l} CO^2 = 38^{cc},7 \\ O = 3\ \ 9 \\ Az = 1\ \ 8 \end{array}\right\} \text{pour } 100^{cc} \text{ de sang.}$$

60. — Sur la puissance massétérienne du crocodile.

(En commun avec M. Blanchard.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1881.)

Nous avons pu mesurer au dynamomètre la puissance des masséters du crocodile. Nous avons procédé pour cela de la manière suivante : le crocodile était solidement attaché sur une lourde table. La mâchoire inférieure était solidement fixée, au moyen d'une corde, à la surface même de la table. La mâchoire supérieure était attachée par une autre corde à un piton vissé à une poutre du plafond de la pièce; sur le trajet de cette corde se trouvait intercalé un dynamomètre. Les choses étant ainsi disposées, on excite vivement l'animal, soit par un choc, soit mieux encore par une secousse électrique. La mâchoire supérieure s'abaisse en tirant lentement sur le dynamomètre. On lit alors l'indication obtenue.

En procédant ainsi sur un crocodile de $2^m,42$ de longueur et du poids de 55 kilogrammes, nous avons obtenu 140 kilogrammes. Le dynamomètre était placé à l'extrémité du museau; cela est une condition nécessaire, mais défavorable, puisque le point d'application de la force se trouve ainsi à l'extrémité d'un long levier, et qu'il y a au moins cinq fois plus d'espace entre ce point d'application et l'insertion du masséter, qu'entre cette insertion et le condyle de la mâchoire, point d'appui du système de levier. Il en résulte donc que les masséters produisent en réalité une force cinq fois plus considérable que celle indiquée par le dynamomètre, soit environ 700 kilogrammes.

On voit donc quelle puissance extraordinaire réside dans ces muscles, et encore nous n'avons mesuré leur contraction que sur un animal affaibli et par une température froide.

Mais ce chiffre, outre qu'il ne tient pas compte des chocs brusques que doit fournir à chaque instant la mâchoire et qui doivent être bien plus puis-

sants, ce chiffre s'applique à toute la superficie de la mâchoire et donne la puissance réelle d'un crocodile qui n'aurait pas de dents. En réalité, cette force s'applique, au début, sur les quatre énormes crocs qui débordent toutes les autres dents de la mâchoire. C'est donc un poids de 140 kilogrammes qui se trouve tout entier appliqué sur une surface bien difficile à mesurer exactement, mais qui certainement ne dépasse guère un quart de centimètre carré pour les quatre crocs réunis. Il est intéressant, dès lors, de voir à combien d'atmosphères correspond cette pression : le calcul est des plus simples, et l'on voit que, tant que la morsure se fait par l'extrémité des dents, la pression est d'à peu près 400 atmosphères.

Nous avons voulu comparer cette puissance avec celle d'un animal à sang chaud, d'un chien ordinaire. En opérant de la même manière sur un chien de chasse d'assez grande taille et du poids de 20 kilogrammes, nous avons obtenu une pression de 33 kilogrammes. Chez cet animal, la distance entre les canines, en arrière desquelles était appliqué le dynamomètre, et l'insertion massétérienne, est cinq fois plus grande que la distance entre cette insertion et le condyle. L'effet produit au point même de l'insertion massétérienne est donc égal à 165 kilogrammes.

61. — Sur les phénomènes de la circulation chez les sauriens.

(En commun avec M. Blanchard.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

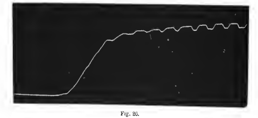


Fig. 26.

Chez le varan, la systole est brusque, elle est suivie d'un plateau; la diastole se fait lentement ; elle est suivie d'un court repos.

L'action des pneumogastriques est la même que chez les animaux à sang chaud. La pression artérielle est de 6 centimètres de mercure (fig. 26).

62. — Sur les gaz du sang et sur les nerfs chromatophores chez les sauriens.

(En commun avec M. BLANCHARD.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

Chez les reptiles le sang est trois fois moins coloré que chez les mammifères (méthode colorimétrique). La capacité respiratoire du sang est d'environ 5,5. Le nombre des globules est à peu près de 1 500 000. La quantité totale est très supérieure à ce qu'elle est chez les mammifères, toutes proportions gardées.

Les recherches faites sur les nerfs chromatophores sont en concordance parfaite avec celles de Bert et Pouchet.

63. — Notes sur les phénomènes chimiques et mécaniques de la respiration chez le *Varanus arenarius*.

(En commun avec M. BLANCHARD.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

L'inspiration se fait brusquement chez le *Varanus arenarius*, puis la glotte se ferme pendant quelques secondes. Vient ensuite une ouverture rapide de cet organe, qui laisse échapper environ le cinquième de l'air contenu dans le poumon; succède alors une longue pause et finalement une expiration brusque. Un varan d'un kilogramme absorbe 42 cent. cubes d'oxygène à l'heure et exhale 29 cent. cubes de CO^2. $\frac{CO^2}{O} = 0,69$ (fig. 27).

64. — Phénomènes mécaniques de la respiration chez le *Tropidonotus natrix*, le *Seps chalcides*, l'*Anguis fragilis*.

(En commun avec M. BLANCHARD.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

Chez le *Tropidodotus natrix*, l'inspiration se fait d'un coup, puis il y a



Fig. 27.



Fig. 25.

une pause au milieu de laquelle a lieu un léger mouvement d'expiration. Les inspirations sont au nombre de 6 à 7 à la minute (5 22°). La ventilation pulmonaire est de 810 centimètres cubes (fig. 28).

Chez le *Seps chalcides*, l'inspiration se fait par secousses, puis il y a une pause avant l'expiration. Il y a 4 inspirations à la minute.

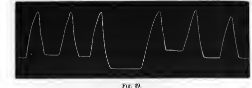


Fig. 29.

Chez l'*Anguis fragilis*, l'inspiration et l'expiration se font simplement et sont séparées par une pause (fig. 30).

65. — Recherches expérimentales sur les phénomènes respiratoires des animaux de la classe des sauriens.

(En commun avec M. Blanchard.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1880.)

Nous avons opéré sur l'*Uromastix acanthinurus* et sur le *Lacerta viridis*.

Chez le premier, l'inspiration se fait en deux temps. Il y en a 12 par minute. La ventilation pulmonaire est de 1300 centimètres cubes à l'heure (fig. 31).

Chez le second, il y a inspiration brusque, puis pause, puis petite expiration, pause, et enfin expiration totale. La circulation aérienne est de 126 centimètres cubes (fig. 32).

66. — Rôle du foramen de Panizza chez les crocodiliens.

(En commun avec M. Blanchard.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1881.)

Tandis que, chez la plupart des reptiles, les deux ventricules communi-



Fig. 30.

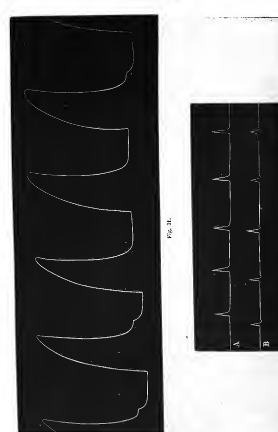


Fig. 31.

Fig. 32.

quent largement entre eux, de telle sorte qu'il se fait un mélange du sang veineux et du sang artériel, mélange lancé ensuite dans les deux aortes, chez les crocodiliens il existe une disposition toute particulière. Les cavités du cœur sont identiques à celles du cœur de l'homme et des mammifères; il y a deux ventricules et deux oreillettes absolument distincts. Mais, entre l'aorte gauche et l'aorte droite se trouve un canal très court, auquel on a donné le nom de *foramen de Panizza*.

Entre l'aorte gauche et ce foramen se trouve un clapet disposé de telle sorte que le sang veineux ne peut pas venir se mélanger au sang artériel; mais aucune disposition anatomique n'empêche le passage du sang artériel dans l'aorte veineuse. Aussi les anatomistes n'ont-ils pas manqué d'affirmer *a priori* le mélange des deux sangs, de telle sorte que le foramen de Panizza mettrait les crocodiliens à peu près dans les mêmes conditions physiologiques que les autres reptiles.

Mais les déductions physiologiques *a priori* ont donné si souvent naissance à des erreurs et l'expérience est venue si souvent les controuver, qu'il n'était pas sans intérêt de contrôler l'opinion ancienne.

Il est certain que, si le foramen de Panizza ne venait pas déverser du sang artériel dans l'aorte veineuse, le sang de celle-ci serait absolument identique, comme composition, à celui de la veine abdominale. Le tableau ci-dessous, tiré des analyses précédentes, démontre amplement que le rôle du foramen de Panizza est bien celui que l'on avait supposé :

1° Aorte partie du cœur artériel :

$$CO^2 = 25^{cc},0$$
$$O = 7,0$$

2° Aorte partie du cœur veineux :

$$CO^2 = 44^{cc},6$$
$$O = 3,7$$

3 Veine abdominale :

$$CO^2 = 50^{cc},4$$
$$O = 1,1$$

C'est donc la preuve qu'il y a bien au-dessus des ventricules et entre les

deux aortes le mélange que les anatomistes avaient supposé sans le démontrer.

67. — De l'excrétion des carbonates par les branchies.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1884.)

Les poissons respirent non seulement en rejetant de l'acide carbonique dissous dans l'eau, mais encore en laissant diffuser à travers leurs branchies les bicarbonates de leur sang. On le prouve en dosant les carbonates dans l'eau pure, puis dans l'eau où a vécu un poisson à diverses températures. On voit les carbonates croître avec la température exactement comme l'absorption de l'oxygène. En faisant vivre une anguille dans un tube en V renversé, si bien que sa tête est dans un vase d'eau et son corps dans un autre, on voit les carbonates augmentés dans le vase où est la tête, et par conséquent où sont les branchies, tandis qu'ils n'ont pas varié du côté de la queue.

68. — Note sur les conditions de la vie dans les grandes profondeurs de la mer.

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1884. — Voyez aussi les Comptes rendus de la Société de biologie de la même année.)

Il est dans l'ordre des choses que toute grande découverte faite par les naturalistes provoque immédiatement les recherches des expérimentateurs. Quand les voyageurs qui avaient parcouru les hautes régions des Andes rapportèrent la relation des accidents singuliers qu'éprouvent l'homme et les animaux non accoutumés aux altitudes, il en résulta les travaux célèbres de Paul Bert et cette quantité considérable d'expériences qui non seulement expliquèrent le mal des montagnes, mais arrivèrent à mettre au jour les faits les plus singuliers, tels par exemple que la toxicité de l'oxygène, cet agent nécessaire à notre existence.

On peut dire que l'un des plus grands événements scientifiques contemporains, c'est le dragage des grandes profondeurs de l'Océan par les missions du *Travailleur* et du *Talisman*.

Un fait qui frappe beaucoup lorsqu'on lit la relation si intéressante des dragages opérés par la Commission, c'est que la mer contient deux faunes superposées. A la surface se rencontrent toutes les espèces que nous connaissions jusqu'à ce jour : elles vivent là dans un domaine limité; de 2500 à 3000 mètres, on rencontre des individus de plus en plus rares, à mesure qu'on s'enfonce. Au-dessous se trouve la faune abyssale, composée d'êtres singuliers, qui, eux, ne viennent jamais en haut, qu'on ne voit guère non plus au-dessus d'une profondeur de 3000 à 4000 mètres. La mer, au point de vue de la vie animale, se trouve donc divisée en deux régions, en deux étages superposés que ne franchissent pas les êtres qui les habitent.

Qu'arriverait-il si l'on prenait un animal des profondeurs et si on le ramenait à la surface? Que surviendrait-il si, prenant un animal de la surface, on le plongeait dans les profondeurs? Voilà, ce me semble, le problème que doit se poser le physiologiste.

En attendant que quelque expérimentateur heureux puisse entreprendre cette intéressante série de travaux, nous avons essayé, dans le laboratoire même de la Sorbonne, de reproduire expérimentalement les conditions de la vie aux grandes profondeurs.

Nous avons utilisé pour cela un admirable appareil qu'ont bien voulu nous confier MM. Cailletet et Ducretet, et qui nous permet d'obtenir des pressions de plus de 1000 atmosphères, correspondant à des fonds de plus de 10 000 mètres. Nous avons commencé par l'étude des ferments.

Dans un tube muni d'une ouverture capillaire, nous plaçons de la levure de bière et nous la soumettons subitement à une pression de 600 et même de 1000 atmosphères. Nous la laissons ainsi pendant quelques heures, puis nous la retirons. Elle est alors mise dans un vase avec de l'eau sucrée à une température convenable. Pendant près d'une heure elle ne donne pas signe d'existence, on la dirait morte; la fermentation du glucose ne se fait pas, puis tout à coup on voit quelques bulles; la levure, simplement endormie, se réveille lentement, et la fermentation finit par se faire.

Recommençons l'expérience, mais en mettant dans l'appareil la levure en présence du glucose, puis foulons 600 ou 700 atmosphères. De la levure témoin, placée à côté, commence sa fermentation en moins d'un quart d'heure; la levure enfermée sous pression reste inerte. Mais, délivrée, elle se réveille encore et produit la fermentation.

Ainsi la pression des grands fonds fait tomber dans une vie latente, qui, à la longue, doit amener la mort, les êtres unicellulaires de la surface. Ceci est assez en rapport avec ce qu'ont observé les naturalistes du *Talisman*, qui n'ont jamais ramené des grands fonds aucune substance en fermentation ou en décomposition.

Qu'arrive-t-il aux ferments solubles soumis aux hautes pressions? Rien. De l'amidon cuit mélangé de salive est mis dans l'appareil à 1000 atmosphères : tout l'amidon est transformé en sucre. Il fallait bien s'y attendre, ou bien il aurait fallu supposer que tous les êtres de la faune abyssale avaient une physiologie différente de la nôtre, ce qui n'était pas vraisemblable.

Après les êtres unicellulaires, et en suivant la gradation, viennent les végétaux. On sait qu'au-dessous de 60 mètres on n'en rencontre guère. Il n'existe donc pas de flore abyssale. Il était néanmoins intéressant de connaître ce qui leur advenait quand ils se trouvaient précipités dans les grands fonds. Nous mettons pour cela des algues sous pression. Puis nous les exposons au soleil dans un récipient approprié. Elles se mettent lentement à décomposer l'acide carbonique, puis elles meurent et tombent en décomposition en quelques heures. Des graines de cresson alénois, soumises à 1000 atmosphères, restent endormies une semaine après avoir été délivrées; puis elles se mettent à germer, mais très lentement, tandis que d'autres graines, prises comme termes de comparaison, avaient en deux jours émis leurs cotylédons. Les graines, elles aussi, étaient donc tombées en vie latente.

C'est encore ce même phénomène que nous observons sur les infusoires. Nous mettons sous 600 atmosphères de l'eau croupie fourmillant d'infusoires de toutes espèces : à la sortie de l'appareil, beaucoup de ces animaux sont tombés au fond du tube, d'autres se traînent sur la plaque du microscope. Mais peu de temps après, ils sortent de leur vie latente et reprennent leurs mouvements. On voit la même chose en soumettant aux grandes pressions d'eau les mollusques; mais le phénomène n'est pas facile à observer, à cause de la lenteur et de l'obscurité des manifestations de ces animaux. Sur les annélides et les crustacés, même effet : vie latente d'abord, mort après un séjour prolongé. Si quelqu'un voulait répéter nos expériences, nous lui conseillerions de se servir de ces êtres et de mettre sous pression

des sangsues, des daphnies, des cyclopes. Leur sommeil est obtenu instantanément, et leur réveil se fait peu de temps après leur délivrance.

Si nous arrivons aux animaux aquatiques supérieurs, aux poissons, notre étude prend, croyons-nous, un intérêt tout spécial. Soumettons un cyprin doré à 100 atmosphères, mais, auparavant, vidons sa vessie natatoire en le plaçant sous la cloche de la machine pneumatique : sans cette précaution, les gaz de cette vessie se dissoudraient dans le sang, puis s'échapperaient en moussant au moment de la décompression, et l'animal serait tué par le même mécanisme d'arrêt circulatoire qui tue les plongeurs et les scaphandriers retirés du fond trop brusquement. Nous supposons donc la vessie de notre poisson bien vidée, et nous le soumettons à 100 atmosphères. Il ne semble nullement en être incommodé. A 200 atmosphères, il sort de l'appareil un peu engourdi, mais il se remet vite; à 300 atmosphères, il est mort ou mourant; à 400 atmosphères, correspondant à plus de 4000 mètres de fond, il est mort et absolument *rigide*. Ainsi, dans l'appareil, cette latitude de dénivellement de 2000 à 2500 mètres, observée par les naturalistes du *Talisman*, se trouve reproduite. Les poissons de la surface peuvent franchir une telle distance verticale, mais ils ne peuvent, sous peine de vie latente d'abord, de mort ensuite, aller au delà.

Ce qui est frappant, c'est cette rigidité extrême du muscle. Pour la mieux étudier, nous avons introduit dans l'appareil des cuisses de grenouilles pour les soumettre aux différentes pressions citées plus haut. Or, à 400 atmosphères (4000 mètres), la rigidité s'est produite telle qu'on cassait la grenouille en deux plutôt que de fléchir un de ses membres. Cette rigidité obtenue presque instantanément persiste jusqu'à la putréfaction : elle diffère en cela de la rigidité cadavérique.

69. — Sur un appareil permettant de suivre par la vue les phénomènes qui se passent sous l'influence de hautes pressions.

(*Comptes rendus de l'Institut et de la Société de biologie*, 1885.)

Pour arriver à voir ce qui se passe dans le bloc d'acier de notre appareil pendant que les animaux sont soumis à la compression, nous avons imaginé de percer deux trous à son extrémité inférieure. Les deux trous sont garnis de hublots en quartz. Un rayon de lumière électrique les traverse, est

recueilli par un objectif, et va projeter sur un écran l'image des objets qui sont à l'intérieur du bloc. On peut ainsi suivre tous les phénomènes sans courir les dangers que comporterait, par exemple, la fracture possible des hublots.

70. — Sur un nouveau montage destiné aux hublots des appareils à hautes pressions.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1887.)

Ce point de technique a son importance. Les hublots de verre et de quartz destinés à supporter de 600 à 1000 atmosphères se brisent le plus

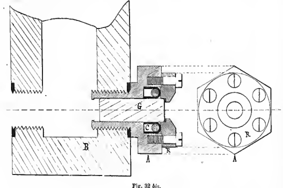


Fig. 32 *bis*.

souvent en s'écrasant sur leur monture. Nous avons évité cet inconvénient en les montant sur cuir embouti à la façon des pistons des presses hydrauliques.

71. — Phénomènes objectifs que l'on peut observer sur les animaux soumis aux hautes pressions.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Tout ce que nous avons étudié jusqu'à présent ne nous a pas permis de

voir ce qui se passe pendant la compression elle-même; en effet, nous introduisons nos animaux dans l'appareil; puis, après les avoir soumis à une pression correspondant à un fond donné, nous les retirons et nous constatons l'effet produit. Tout ce qui se passe entre le début et la fin de l'expérience nous échappe.

Il en résulte que nous ne savons pas si les phénomènes observés résultent de la pression même, ou au contraire de la dépression consécutive.

Un seul moyen nous restait pour obtenir la vérité sur ce point, c'était de voir tout ce qui se passait pendant la compression. Pour cela, il fallait construire un vase *transparent* résistant à une pression de 600 atmosphères; c'est ce que nous avons tenté de faire (fig. 33).

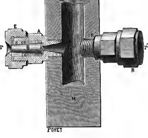


Fig. 33.

Il est bien évident qu'il nous fallait absolument abandonner l'idée d'un récipient en verre; au delà d'une vingtaine d'atmosphères, tous les vases de cette nature sont brisés et cela d'une manière d'autant plus dangereuse que les changements de texture du verre se font silencieusement et que tel récipient qui a résisté à vingt atmosphères se brise subitement à sept ou huit dans une épreuve subséquente.

L'acier seul pouvait nous servir et nous avons imaginé de creuser à l'extrémité inférieure d'une culasse d'acier fondu M, deux orifices en ligne droite dans lesquels nous avons essayé d'enchâsser des lames de glace de Saint-Gobain de cinq centimètres d'épaisseur.

Nous avons, dès le début, été arrêté par ce fait que, vers 200 atmo-

sphères, la glace la plus homogène se brisait, se poudroyait absolument, la haute pression ayant produit une trempe des plus dangereuses.

Nous avons alors essayé du quartz, dont la texture cristalline est beaucoup plus homogène, et nous avons réussi à faire des cônes B, qui, enchâssés dans une garniture spéciale de glu marine et de gutta G, et soutenus par un solide contre-écrou E, en acier fondu, ont pu résister aux essais, à une pression de plus de 800 atmosphères.

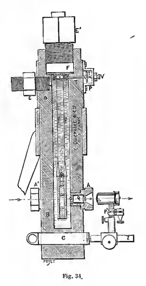


Fig. 34.

On conçoit dès lors comment, avec une semblable disposition, il est possible de faire passer un rayon de lumière électrique à travers les deux hublots et, si les animaux en expérience se trouvent sur le trajet de ce rayon, leur image pourra être recueillie au dehors par un objectif et projetée sur un écran avec tel grossissement que l'on voudra.

C'est ce que montre la figure ci-contre, qui représente une coupe de la totalité de notre appareil.

B représente la coupe de la culasse d'acier, A un des hublots vu en coupe avec son ouverture O et son quartz Q qui, ici, est très peu conique. A' représente le hublot opposé vu en exécution. Le collier C et la crémaillère Z portent l'objectif achromatique L, L' que des vis et une genouillère P' permettent de placer dans toutes les situations possibles. Le rayon lumineux traverse l'appareil, suivant le sens marqué par les flèches.

Un chapeau d'acier F est solidement serré par un écrou de bronze E, sur un cuir gras et assure la fermeture du récipient dans lequel l'eau faisant pression est introduite par l'écrou à vis E, mis en rapport par un tube de cuivre capillaire avec la presse Cailletet.

L'instrument présente même un perfectionnement. En face des hublots, en Cu, on aperçoit la cuve de glace où seront renfermés les animaux; cette cuve est suspendue par des fils de soie à un treuil en cuivre Po, que l'on peut manœuvrer de l'extérieur par une poulie T. On peut donc monter ou descendre la cuve et amener devant les hublots la partie que l'on veut étudier. Chose curieuse : la perfection des joints est telle dans cet instrument que, malgré les nombreuses causes de fuites qu'il présente, la pression colossale de 600 et de 800 atmosphères s'y garde pendant des heures.

C'est ainsi que l'appareil a été monté dans une chambre obscure au laboratoire de la Faculté des sciences de Paris.

Ceci dit du manuel opératoire, examinons ce qui se passe quand on met les animaux sous les pressions qui correspondent aux grands fonds de l'Océan.

Nous nous servons pour cela de cyclopes, de gammarus pulex, de daphnies, etc., en un mot d'animaux assez petits pour que leur corps ne vienne pas fermer complètement les hublots de l'appareil et pour que leur transparence nous permette de suivre même les mouvements de leurs organes pendant l'expérience.

Dès les premiers coups de pompe, les animaux, qui nageaient tranquillement dans le liquide, sont pris d'une certaine inquiétude; ils s'agitent, et cela jusqu'à ce qu'on ait atteint une profondeur d'environ 1000 mètres (100 atm.). Mais en somme, ils continuent à vivre dans les mêmes conditions qu'à la surface.

Au delà de 1000 mètres, ils tombent lentement au fond de l'eau; leurs membres s'agitent avec rapidité, leurs appareils natatoires se raidissent et sont pris d'un tremblement très énergique. Les animaux demeurent, à part cela, immobiles au fond de l'eau. Ils semblent incapables de se mouvoir, ils sont tétanisés.

Si on les mène rapidement à 400 atmosphères (4000 mètres), on les voit tomber subitement comme une pluie jusqu'au fond de la cuve, où ils restent inertes, sans avoir même les mouvements de tremblements do la première période. Ils demeurent dans cet état tant que dure la pression.

Chaque fois que cette pression change brusquement, ne fût-ce que d'une vingtaine d'atmosphères, les animaux sont pris d'une secousse tétanique unique et générale, puis ils retombent dans le repos.

Si on les ramène d'un coup vers 1000 mètres ou à la surface, ils reprennent *instantanément* leur course dans le liquide sans paraître avoir été le moins du monde incommodés.

Ceci nous démontre que les accidents que nous avons signalés sont bien des accidents de pression et non de dépression, car, dans ce dernier cas, les animaux seraient malades après la dépression, et c'est le contraire qui a lieu.

Suivant nous, la différence de compressibilité entre les substances animales et l'eau, différence très faible, mais réelle, fait que, aux hautes pressions, le système nerveux, comprimé, est d'abord excité, puis inhibé (tétanisme du début, coma à 4000 mètres). La suppression de la pression lui rend son état primitif et ses fonctions.

Si on prolonge la pression pendant longtemps, qu'arrive-t-il? Il arrive ce que nous avons déjà décrit. Le coma persiste après la compression, et l'animal met plusieurs heures à revenir à son état primitif, au lieu de ressusciter subitement.

C'est qu'alors, en vertu de la différence de compressibilité, les tissus se sont laissé imbiber lentement d'eau qui les a pénétrés, et il faut que cette eau ait été chassée pour que l'animal reprenne ses fonctions. Jusque-là, il demeure en état de vie latente.

En résumé, les premiers résultats des hautes pressions sur les animaux sont : l'excitation du système nerveux, puis son inhibition par compression; les résultats consécutifs, si la pression dure, sont l'imbibition des

tissus (nerveux et autres) comprimés et l'état de vie latente jusqu'à ce que, après la décompression, ils se soient débarrassés de l'excès d'eau.

Si la pression dure plus longtemps encore, les tissus ne peuvent arriver à la *restitutio ad integrum* et meurent.

72. — Note relative à l'action des hautes pressions sur les mouvements des cils vibratiles.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Quand on soumet un infusoire cilié à une pression de 600 atmosphères, on le voit arrêter les mouvements de ses cils vibratiles.

Chez les vorticelles on voit le grand fil spirale s'allonger, se détordre et cesser son action. Il faut une heure environ pour que l'animal se mette de nouveau à mouvoir ses cils et sorte de la vie latente. Après la pression, les cils sont manifestement augmentés de volume.

73. — Action des hautes pressions sur les tissus animaux.

(En commun avec M. VIGNAL.)

(Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1886. — Voyez aussi *Société de biologie*, 1884.)

1° *Épithélium.* — Après avoir mis sous 600 atmosphères un œsophage de grenouille, nous avons vu que toutes les cellules muqueuses E, étaient comme éclatées; elles n'existaient plus que sous la forme d'un noyau entouré de protoplasma G.

Les cellules à cils vibratiles F, paraissaient au premier abord intactes, mais un examen plus soigné montre que l'eau a pénétré dans leur intérieur et a refoulé ce protoplasma au voisinage du plateau sous la forme de petits grains.

Sur les infusoires ciliés, les cils vibratiles sont gonflés, doublés de volume, et ils ne reprennent leurs fonctions que quand ils ont perdu, après dépression, l'eau dont ils étaient gorgés. Le même fait se voit très bien sur le pédicule des vorticelles. (Voir n° 72.)

2° Le *tissu conjonctif* est distendu par l'eau, ses faisceaux sont écartés.

Dans les tendons, les fibres sont séparées les unes des autres et baignent dans une atmosphère aqueuse.

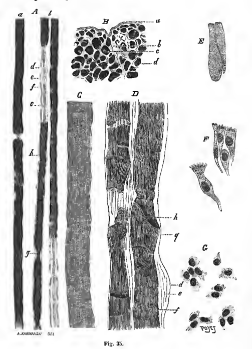


Fig. 35.

3° Le *tissu musculaire* (C) présente des altérations de divers ordres : si la pression n'a duré que dix minutes, et si l'on examine les muscles profonds, on voit que la striation transversale est moins nette (D) et que le sarcolemme ne se montre plus à la surface du faisceau primitif, mais en est légèrement écarté. Les faisceaux sont devenus très friables et se brisent avec la plus grande facilité.

Si la pression a duré quelques heures, les lésions sont multiples. D'abord le sarcolemme est plus ou moins soulevé (*d*, *e*). La striation transversale n'existe que dans quelques rares endroits, la longitudinale est très irrégulière; généralement elle a complètement disparu. La substance striée est elle-même brisée (*g*), refoulée (*h*) par l'eau dans le tube du sarcolemme et présente successivement des renflements et des amincissements considérables. Sur des coupes transversales (B), outre les lésions du tissu conjonctif ambiant, on voit que les fibrilles des faisceaux musculaires primitifs sont très écartées. Le protoplasma qui les sépare est gonflé (*b*, *c*, *d*).

4° Les *nerfs* (A) présentent, eux aussi, des lésions notables; en effet, leurs fibres, soumises seulement pendant dix minutes à une pression de 600 atmosphères, ont des incisures beaucoup plus marquées qu'à l'état normal, et souvent la membrane de Schwann n'est plus accolée à la couche de protoplasma qui se trouve au-dessus de la myéline, mais en est écartée plus ou moins. Lorsque la pression est maintenue plus longtemps, les incisures deviennent encore plus marquées et, en même temps, on voit qu'au niveau de chaque étranglement (*c*) la myéline est refoulée des deux côtés sur une longueur plus ou moins considérable (*d*, *e*, *f*).

5° Les *globules sanguins* sont toujours détruits dans les vaisseaux superficiels.

74. — Sur la cause de la rigidité des muscles soumis aux hautes pressions.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Quand, dans l'eau, on soumet des muscles à des pressions considérables (600 à 1000 atmosphères), on obtient presque instantanément une rigidité intense, au point que, dans les expériences les mieux réussies, on casse plutôt les membres de l'animal que de les faire plier.

On voit en même temps, en poussant plus loin les recherches, que les muscles superficiels sont les plus contractés, que certains muscles profonds sont quelquefois tout à fait relâchés. Le cœur, en particulier, continue souvent de battre, alors que presque tous les muscles proprement dits sont contracturés.

Il semblerait donc que la pression ne doit concourir en rien à la pro-

duction du phénomène, puisque évidemment tous les muscles la supportent à un même degré.

En revanche, il est possible que, sous les pressions énormes que nous produisons, l'eau puisse pénétrer subitement dans les tissus et produire la tétanisation que nous observons.

S'il en est ainsi, nous connaissons la cause de cette tétanisation, et au moins une des causes de la mort des animaux portés aux grandes profondeurs.

Or, plusieurs expériences nous permettent de penser que le processus est bien celui que nous venons d'indiquer.

1° Si on pèse soigneusement des pattes de grenouille avant et après l'expérience, on trouve une augmentation considérable, qui, une fois, a pu aller à un cinquième du poids total, tandis qu'un témoin placé dans l'eau à la pression normale n'a pas sensiblement augmenté de poids.

2° Si on comprime des pattes de grenouille en les tenant à l'abri de l'eau, on n'observe plus la rigidité ni l'augmentation du poids. Pour réaliser cette expérience, on renferme une grenouille dans un sac en caoutchouc mince, puis on enlève tout l'air par le vide et on lie le sac. On met le tout dans l'appareil et on comprime à 600 atmosphères. L'expérience est donc identique aux autres, sauf que les muscles ne sont pas au contact de l'eau. Eh bien, dans ces conditions, quand on retire la grenouille, elle n'a pas augmenté do poids et elle n'est nullement contracturée. Donc, pression égale dans les deux cas; d'un côté, contact avec l'eau : contracture et augmentation de poids; de l'autre, absence de contact : absence de contracturo, absence d'augmentation de poids.

L'expérience peut être faite d'un coup en se servant d'un animal qui s'y prête fort bien.

On prend un dytique. Cet animal est couvert d'un test chitineux extrêmement épais, difficile à traverser et qui protège les tissus sous-jacents contre l'imprégnation de l'eau. Comprimons à 600 atmosphères un de ces insectes dont nous aurons vidé autant que possible les trachées en le mettant dans le vide.

Retirons-le au bout d'un quart d'heure; il est parfaitement vivant, tandis que le poisson placé à côté de lui est mort en quelques minutes.

Il est certain que les tissus autres que le muscle, plongés dans l'eau en

pression, l'absorbent rapidement. Un bout de sciatique frais, qui pesait 4 grammes, pesait 4gr,4 en sortant de l'appareil à 600 atmosphères : il était même sensiblement plus dur et plus rigide qu'avant. Un tronçon de moelle de chien pesait 12 grammes avant la pression et 13gr,2 après. Il semble donc qu'il y a là une loi générale, qui peut nous expliquer la mort des animaux portés à de grandes profondeurs.

L'eau, en effet, est un poison des tissus; elle tue les cils vibratiles, les spermatozoïdes, la fibre musculaire et la cellule nerveuse. Chez les animaux à sang chaud, cela est instantané; chez les animaux susceptibles de vie latente, nous voyons que nous provoquons ce mode d'existence avant de provoquer la mort.

Ainsi on savait que l'excès de chaleur, comme son absence, amenait la vie latente (Bernard).

On savait aussi que l'excès d'oxygène, comme son défaut (P. Bert), causait la maladie, puis la mort de la cellule.

On savait que le manque d'eau dans les tissus provoquait la vie latente (animaux réviviscents), puis la mort. On ne savait rien sur l'action d'un excès de cet élément. Nous pouvons annoncer aujourd'hui qu'il en est de l'eau comme des autres éléments essentiels à la vie, son excès comme son défaut amène la mort ou même, au début, la vie latente, chez les êtres susceptibles de supporter ce mode d'existence.

75. — Effet des hautes pressions sur les animaux marins.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Les animaux marins soumis aux grandes pressions dans le laboratoire du Havre nous ont fourni une vérification des lois que nous avions préalablement établies.

Les animaux à carapace ont vu leurs tissus résister plus longtemps, attendu qu'ils étaient mieux défendus, sinon contre la pression, du moins contre la pénétration de l'eau.

76. — Note sur l'action des hautes pressions sur la fonction pathogénique du lampyre.

(En commun avec M. Dubois.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Les recherches de Panceri sur les organes lumineux des pyrosomes et l'examen, par le P. Secchi, du spectre de la lumière qu'ils émettent, semblent indiquer qu'il existe, sous le rapport de la fonction photogénique, une très grande analogie entre les animaux marins et les animaux terrestres phosphorescents.

Il y avait donc intérêt à rechercher si ces derniers pouvaient conserver la propriété d'émettre de la lumière après avoir été soumis à de hautes pressions.

Dans une première expérience, un lampyre (*L. noctilucus*) a été immergé, étant phosphorescent, dans un tube rempli d'eau et plongé aussitôt dans le réservoir de la pompe Cailletet : il a été maintenu pendant dix minutes à une pression de 600 atmosphères; au bout de ce temps, l'insecte sorti du réservoir de la pompe était encore lumineux et resta lumineux bien que faiblement pendant quelques instants; mais il était d'ailleurs absolument inerte : on put cependant, à plusieurs reprises, faire reparaître de faibles lueurs au moyen des courants induits.

77. — Influence des hautes pressions sur l'éclosion des œufs de poisson.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1885.)

Qu'arrive-t-il si des œufs de poisson abandonnés à eux-mêmes tombent au fond de l'Océan, si, par exemple, ils se décollent de l'algue qui leur servait de support?

Pour le savoir, nous avons soumis des œufs de truite divisés en lots à des pressions variant de 100 à 600 atmosphères.

Tous ceux qui avaient été soumis à plus de 350 atmosphères n'ont donné aucun embryon. Les autres ont éclos.

Le point critique entre la faune ordinaire et la faune abyssale est donc bien, comme nous l'avons souvent dit, entre 3500 et 4000 mètres.

78. — La contraction musculaire sous les hautes pressions.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1887.)

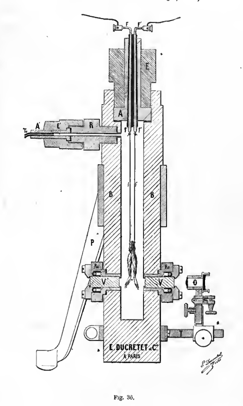


Fig. 36.

Un appareil spécial que nous reproduisons ci-dessus, nous a permis

de voir ce que devenait la contraction musculaire dans le fond de l'Océan. Un poisson que son poids y entraînerait pourrait-il encore s'y servir de ses muscles?

B (fig. 36) est un bloc d'acier fondu dans lequel la presse envoie l'eau comprimée par le tube A', solidement fixé par un écrou de bronze E'. Le bloc B est percé à son extrémité inférieure de deux trous Ra et Ra' dans lesquels sont maintenus, dans des cuirs emboutis, deux blocs de quartz V et V'. Un objectif O est placé devant V et projette sur un écran l'image qu'il recueille à travers les hublots, dans le bloc où pénètre un faisceau concentré de lumière électrique.

L'appareil entier est clos par un chapeau d'acier A, que serre sur un cuir plat la tête de bronze E, que l'on manie à la clef.

Pour notre expérience, le chapeau A est percé d'un trou dans lequel se trouve engagé un bloc d'ébonite tronconique à sommet supérieur. Ce bloc est percé de deux trous où passent deux fils de cuivre F, F', terminés par des bornes auxquelles arrive le courant d'un excitateur. A ces fils on peut suspendre dans l'eau des cuisses de grenouilles préparées à la Galvani et dont les extrémités arrivent juste en face des hublots. Elles se trouvent donc projetées sur l'écran, et leurs moindres mouvements sont non seulement visibles, mais amplifiés.

Plaçons nos muscles de grenouilles comme nous venons de le dire, et cherchons quelle va être sur eux l'influence de la pression. Nous envoyons d'abord une excitation sans avoir fait fonctionner la pompe : le mouvement est très intense. Puis nous lançons 100 atmosphères : il y a à peine modification dans la contraction. Nous montons à 200, la contraction est beaucoup diminuée, à 300 elle est encore sensible, à 400 elle n'existe plus, quelle que soit l'intensité du courant excitateur. La pression peut se faire tellement vite dans le bloc, qu'on a monté de 0 à 400 atmosphères en moins de cinq secondes : il n'y a donc pas lieu de faire intervenir l'action chimique de l'eau sur le tissu musculaire.

Il faut conclure de cela que la compression du protoplasma musculaire ne le paralyse que vers la profondeur de 4000 mètres, mais que, dès 2000 mètres, un animal serait déjà bien empêché de se mouvoir et que, par conséquent, même dans la zone qui confine aux deux étages et qui

est habitée, des êtres vivants doivent difficilement franchir des dénivellations de 2000 mètres.

Ceci connu, il nous a semblé intéressant de rechercher ce que devenait le graphique de la contraction dans un muscle qui avait subi les grandes pressions.

Pour cela nous avons préparé des grenouilles pour le myographe et

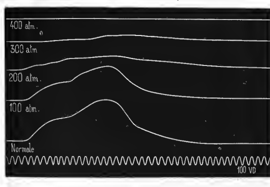


Fig. 37.

nous les avons successivement plongées dans l'appareil à 100, 200, 300 et 400 atmosphères, en ne les laissant que deux minutes et en prenant un tracé entre chaque compression. La figure 37 représente le résultat de cette expérience.

Un muscle qui a subi 100 atmosphères a une contraction déjà un peu plus faible que la normale. Après 200 atmosphères, la contraction est très diminuée comme intensité, mais elle est allongée. A 300 atmosphères, la contraction est à peine sensible, mais la chute en est très ralentie. Enfin à 400, il n'y a plus rien; le protoplasma est déchiré par sa diminution de volume, et ses attaches aux gaines sont rompues.

Ce changement dans l'allongement de la courbe de la contraction nous faisait prévoir un changement corrélatif dans le nombre des excitations

nécessaires pour amener le tétanos. On sait, en effet, qu'il faut d'autant moins d'excitations que le muscle est plus lent à se rétracter.

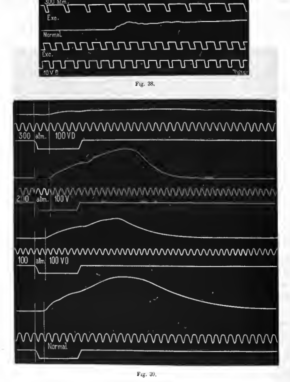


Fig. 38.

Fig. 39.

Nous prenons donc un muscle de grenouille et nous cherchons le nombre d'excitations nécessaires pour le tétaniser. En tâtonnant, nous

tombons sur le tracé de la figure 28. Il nous faut, comme on peut voir, treize excitations par seconde pour obtenir un état très voisin du tétanos.

Après une pression de 300 atmosphères, il suffit de cinq excitations par seconde pour obtenir une tétanisation des plus nettes.

Enfin, pour compléter notre travail, nous avons voulu voir l'influence qu'aurait la grande compression sur la durée de l'excitation latente du muscle.

Procédant toujours de la même manière, nous avons recueilli le tracé ci-dessus (fig. 39).

Normalement, sur un muscle de grenouille, le temps perdu était d'un centième de seconde. Après une pression de 100 atmosphères, il était monté à deux centièmes; il était de deux centièmes et demi après 200 atmosphères et, après une pression de 300 atmosphères, il était arrivé à près de trois centièmes.

III

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

79. — Note sur un procédé de dosage de la chlorophylle.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

On ne peut doser la chlorophylle par la pesée. Notre procédé consiste à l'apprécier par le colorimètre en la comparant soit à un verre vert, soit à une solution type. On a ainsi un rapport qui est suffisant dans la plupart des cas.

80. — De l'influence des radiations rouges sur la végétation.

(Annales de l'Institut agronomique, 1878-1879.)

Paul Bert a démontré que si on arrête la portion du spectre située dans le rouge aux environs de AB, la végétation est entravée, parce qu'il ne peut plus se former de chlorophylle.

Pour que la démonstration fût absolument complète, il était nécessaire de faire une expérience cruciale. Si les plantes privées de la petite bande rouge mouraient rapidement, il était important de vérifier si elles pouvaient vivre en n'ayant que cette portion du spectre à leur disposition.

C'est de cette partie de la démonstration que nous nous sommes chargé.

Il nous a d'abord fallu chercher une substance qui arrêtât tous ces rayons lumineux sauf le rouge, sauf la partie même du rouge dont nous avions besoin.

Cette substance est la solution d'iode dans le sulfure de carbone.

Nous avons donc placé dans un double ballon une solution de cette substance assez concentrée pour que la bande rouge seule pût passer, et dans ce ballon nous avons placé des graines de cresson alénois.

Dans ces conditions, le végétal se développe, s'allonge, verdit et pousse presque aussi bien qu'un végétal semblable placé dans un double ballon et recevant la lumière à travers de l'eau pure.

Si on se reporte à la planche de notre mémoire original on comprendra parfaitement notre expérience.

Dans un ballon pousse du cresson alénois qui reçoit la lumière blanche complète.

Dans un autre végètent des graines identiques plantées le même jour. Elles reçoivent la lumière presque complète, sauf la bandelette absorbée par la chlorophylle : elles poussent étiolées et meurent rapidement.

Dans un troisième se trouvent encore les mêmes graines. Elles poussent dans une obscurité presque absolue et ne reçoivent que les radiations rouges qui, selon Bert, leur sont indispensables; elles sont presque aussi prospères que si elles étaient dans la lumière blanche.

La démonstration est donc complète : si la plante reçoit les rayons que la chlorophylle absorbe et utilise sans doute, elle croît et prospère; si on l'en prive, elle meurt, fût-elle d'ailleurs en pleine lumière.

Ainsi se trouve expliquée cette singulière action nocive, non pas de la lumière verte, mais de la lumière qui a traversé des substances vertes arrêtant les rayons rouges. Ainsi se trouve encore particulièrement expliquée l'absence de végétation sous les couverts où pénètrent pourtant l'air, la lumière, la chaleur et l'humidité.

81. — Influence des rayons phosphorescents et fluorescents sur la formation de la chlorophylle.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1883.)

Comme complément à nos expériences sur l'action des radiations rouges sur l'évolution de la chlorophylle, nous avons essayé de fournir à une plante placée dans l'obscurité des radiations peu intenses, mais très actives.

Cette expérience avait été plusieurs fois tentée par Bert. Nous avons, nous, réussi à la faire d'une manière indirecte en recherchant l'action des substances phosphorescentes et fluorescentes sur la germination.

Dans une première expérience, nous examinons l'action des rayons

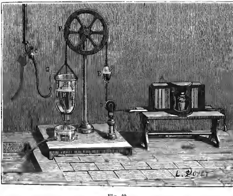


Fig. 40.

rouges très peu intenses fournis par un tube de Geissler. Ce tube est rempli avec de l'hydrogène chimiquement pur ; il est placé dans une boîte obscure en face de graines en germination. Actionné par une petite bobine d'induction, il émet une lumière très peu intense, mais extrêmement riche en rayons rouges de la région A B.

Dans ces conditions, on voit en quelques heures la chlorophylle se former, les plantes placées du côté du tube poussent vertes, tandis que celles qui sont masquées par elles restent absolument blanches.

Ainsi cette fluorescence si faible d'un tube de Geissler à hydrogène suffit pour développer la chlorophylle au moins aussi bien que la lumière diffuse du jour.

Pour examiner l'influence des rayons bleus placés vers la raie G, il nous a fallu un appareil un peu plus compliqué.

Nous avons choisi comme lumière faible la lueur bleue qu'émet le sul-

fure de calcium convenablement préparé, mais cette lueur n'est pas constante, elle ne dure que quelques minutes après l'exposition de la substance à la lumière. Afin que nos plantes fussent sans cesse sous l'action de cette lumière, nous avons adopté le dispositif suivant (fig. 40) :

Dans un cadre A sont placés des tubes plats fermés à la lampe et contenant le sulfure de calcium. Ce cadre glisse dans une rainure, et au devant de lui se trouve une boîte fixe B, dont il forme une des parois. Par une déchirure de cette boîte, on aperçoit la plante en expérience. En glissant dans sa rainure, le sulfure de calcium va s'illuminer au jour, puis il revient au devant de la boîte qu'il éclaire, va de nouveau s'illuminer, puis revient, et ainsi de suite si on entretient son mouvement alternatif. Comme il glisse très exactement contre la boîte, celle-ci ne reçoit pas d'autre lumière que la lumière phosphorescente du sulfure.

Nous réalisons le mouvement au moyen d'un appareil qui nous sert pour beaucoup d'autres recherches et qui a été déjà utilisé par M. Vesque dans des expériences de physiologie botanique.

Un vase de Tantale H est suspendu à une corde qui passe sur une poulie F; il est équilibré par un vase E rempli de mercure. Quand, au moyen du tube G, le vase de Tantale se remplit, il augmente de poids et il s'abaisse en élevant le contrepoids E. Dès que le siphon du vase H s'amorce, ce vase se vide instantanément, il devient plus léger, le contrepoids l'emporte et redescend : le siphon de H se désamorce, le vase se remplit de nouveau et redevient plus lourd, puis il se vide et ainsi de suite.

On comprend facilement comment, grâce à la poulie de réflexion D, on peut faire que ce mouvement alternatif entraîne le va-et-vient du cadre A.

On a là un moteur très bon marché qui fonctionne indéfiniment, sans pouvoir se dérégler.

Grâce à cet instrumentation si simple, nous avons vu que les plantes en germination sont mises à la lumière à peine visible, mais très riche en rayons bleus, se remplissent de chlorophylle, tandis que celles pour qui cette lumière est masquée restent absolument étiolées.

En résumé :

1° Quand on retire de la lumière du jour les rayons rouges, la chlorophylle ne se forme pas et les plantes meurent (Bert);

2° Si, par l'iode et le sulfure de carbone, on ne laisse arriver aux plantes que les rayons rouges, elles prospèrent et deviennent vertes (Regnard);

3° Si on place les végétaux en germination dans un spectre électrique, on voit que c'est dans le rouge d'abord, puis dans le bleu, au niveau de la quinte des vibrations du rouge, que les plantes se développent le mieux (Bert et Regnard);

4° Enfin, si on met les végétaux en germination dans l'obscurité, mais en présence d'une lumière très faible et riche en rayons rouges et bleus (A B et G), on obtient la formation de la chlorophylle dans ces végétaux.

82. — Les longueurs des ondes lumineuses et les actions chimiques.

(En commun avec Paul Bert.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1881.)

Les rayons rouges entre A et B du spectre ont le maximum d'action sur le verdissement des plantes. Nous nous sommes demandé si les vibrations qui sont en rapport simple comme nombre ne seraient pas celles qui auraient une action prépondante après les rouges. L'expérience nous a donné raison, et nous avons vu que les rayons indigos, où se trouve la quinte des rouges, étaient les plus actifs après ceux-ci.

83. — Note sur la tension élastique de certains tissus végétaux.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Quand on touche au fruit de l'*Ecballium agreste*, il se vide brusquement en projetant ses graines à une distance qui peut aller à 9 mètres. En mesurant manométriquement la force qui préside à cet acte, on trouve qu'elle varie entre une demie et une atmosphère.

84. — La chlorophylle a-t-elle besoin d'être renfermée dans la cellule végétale pour décomposer l'acide carbonique.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1885.)

Nous broyons des feuilles de laitue très tendres avec de la poudre de

verre, puis nous filtrons. Il passe un liquide rempli de grains chlorophylliens, mais ne contenant pas une seule cellule intacte. Nous divisons ce liquide en deux parts. L'une est mise au soleil, mêlée avec du liquide oxymétrique décoloré. En deux heures, elle l'a recoloré. L'autre est laissée avec le même réactif dans l'obscurité. Dix jours après, le réactif est encore incolore. Les corps chlorophylliens ont donc dégagé de l'oxygène au dehors de la cellule.

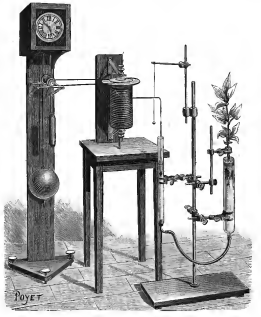


Fig. 41.

Nous avons été plus loin : nous avons complètement isolé la chlorophylle ; nous l'avons dissoute dans l'alcool, puis nous avons trempé dans la solu-

tion des feuilles de papier buvard. Nous avons ainsi constitué des feuilles artificielles vertes, mais privées du protoplasma blanc. Mises dans la solution oxymétrique, elles l'ont bleuie, mais très lentement. La chlorophylle pure agit donc chimiquement, mais très lentement.

85. — Appareil pour l'étude de l'absorption de l'eau par les racines.

(En commun avec M. Loye.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1884.)

Notre appareil peut se ramener à un système de deux vases communiquants. Dans l'un plonge la plante en expérience. Dans l'autre se meut un flotteur portant une aiguille qui vient écrire sur un appareil enregistreur mis lui-même en mouvement par l'une de nos horloges. L'absorption du liquide dans l'un des vases amène un abaissement du liquide dans l'autre. Le flotteur descend, et c'est ce mouvement de descente qui est enregistré. Pour éviter l'évaporation, on étale une couche d'huile sur le liquide du vase qui contient la plante (fig. 41).

IV

PATHOLOGIE

86. — Kyste hydatique du foie ayant simulé un pneumo-thorax

(En collaboration avec M. Budin.)

(*Comptes rendus de la Société anatomique*, 1874.)

Une malade de la Pitié, après avoir subi une ponction d'un grand kyste hydatique du foie, présentait tous les symptômes du pneumo-thorax, souffle amphorique, tintement métallique, etc. A l'autopsie on ne trouva pas trace de cette lésion, mais la poche kystique, tendue par des adhérences péritonéales, était remplie d'air mélangé de liquide, et les bruits pulmonaires donnaient, en retentissant dans cette cavité, une illusion complète qui avait trompé les cliniciens. Il y a donc lieu de tenir compte d'une pareille possibilité dans le diagnostic des complications du kyste hydatique du foie.

87. — Iconographie photographique de la Salpêtrière.

(3 volumes in-4°, Delahaye et Lecrosnier, éditeurs, avec 120 planches à part. 1re édition Paris, 1876; 2e édition, Paris, 1877.)

(En collaboration avec M. Bourneville, médecin de l'hospice de Bicêtre.)

L'idée qui a présidé à la rédaction de ce volumineux ouvrage est facile à comprendre. Il est intéressant aujourd'hui de conserver une preuve palpable des phénomènes que l'on a pu observer et que l'on décrit. Les progrès de la photographie, d'une part, et la facilité que l'on a aujourd'hui d'intro-

duire sans retouche dans les ouvrages imprimés les résultats fournis directement par l'objectif, font qu'une tendance très nette s'est portée vers l'utilisation des clichés dans l'illustration des ouvrages de science. Il est bien certain aussi que la clinique a tout à gagner à la représentation exacte des malades, jointe à l'observation écrite qu'en donne le médecin.

Les maladies nerveuses, les premières de toutes, donnent à ceux qui en sont frappés des aspects si caractéristiques, les lésions extérieures sont si nettes, souvent pathognomoniques, qu'il y a certainement intérêt à en mettre une exacte représentation sous les yeux du public savant.

C'est ce qu'ont pensé les deux auteurs quand ils ont entrepris la publication des observations recueillies dans le service de M. Charcot avec l'aspect du malade pendant ses attaques.

Ce genre de publication a un grand avantage : c'est d'être inattaquable quant à la véracité. Un dessin comporte toujours une part d'interprétation de la part de l'artiste, qui peut insister plus ou moins sur telle ou telle partie qui le frappe davantage ou qu'il veut même rendre plus frappante. L'objectif est brutal, mais incorruptible; il ne donne pas d'œuvres d'art, mais des œuvres vraies et indiscutables.

Pour mener à bonne fin un ouvrage d'aussi longue haleine, il fallait d'abord l'aide et les encouragements du chef de service; M. Charcot ne les a pas ménagés. Il fallait ensuite un matériel compliqué. L'Assistance publique a fait construire un laboratoire et un atelier munis des perfectionnements que comportent la photographie instantanée. Nous avons fait reproduire par le procédé Poitevin sur la pierre lithographique les clichés que leur fournissaient nos appareils, et nous les avons joints aux observations recueillies dans le service.

Le premier volume de l'*Iconographie* est consacré à l'étude de l'hystérie et de l'*hystéro-épilepsie.*

Nous ne pouvons que résumer ici très rapidement les observations.

1° Thérèse L..... Hystérie. Antécédents. Hémianesthésie. Hyperesthésie ovarienne. Attaques. Urines. Température. Traitement et marche des attaques. Relation entre les règles et les attaques. Tuberculose pulmonaire, son influence sur les attaques et sur les symptômes permanents de l'hystérie. Mort. Autopsie.

2° Rosalie Ler..... Anesthésie. Attaques démoniaques. Crucifiement. Étude sur la démonomanie.

3° Madeleine W..... Hystéro-épilepsie et épilepsie. Hémianesthésie. Attitude du crucifiement. Marche simultanée des deux maladies. Relation entre les règles et les crises convulsives. Étude sur les convulsionnaires de Saint-Médard.

4° Geneviève B..... Hystéro-épilepsie. Léthargie. Tentative de suicide. Torticolis hystérique. Influence de la grossesse. Anesthésie générale. Ovarie. Contractures. Extases. Délire après l'attaque. Étude sur les extatiques.

5° Célina M..... Hystéro-épilepsie. Hallucinations. Attaques avortées. Tympanisme. Troubles des sens spéciaux du côté gauche. Température comparative entre les mains et les aisselles. Lubricité. Crises cardiaques. Torticolis hystérique. Érythème. Contractures. Crampes. Ovarie double. Tremblement. Amaurose. Etude sur la métallothérapie.

Le second volume contient l'histoire de l'épilepsie partielle, des contractures post-hémiplégiques, de l'hémichorée, de l'athétose.

Une observation est en particulier entièrement consacrée aux troubles trophiques dans l'épilepsie partielle, à l'état des facultés intellectuelles.

Une autre donne des cas très nets d'épilepsie partielle tonique et d'épilepsie vibratoire.

Dans la deuxième partie du volume, nous revenons sur l'hystéro-épilepsie, et, dans quatre observations, nous nous occupons de la chorée rythmique.

Enfin pour terminer, et suivant notre habitude, nous comparons les cas anciens aux actuels; nous traitons de l'histoire des succubes et des incubes et en particulier de celle de Madeleine Bavent et de Madeleine de Cordoue.

Le troisième volume s'occupe d'abord du sommeil hystérique, des cauchemars, des rêves, des insomnies chez les mystiques, chez les idiots. Il y est ensuite traité de la léthargie et du somnambulisme naturel.

Ceci amène naturellement aux attaques de sommeil et au somnambulisme provoqué. Nous passons en revue tous les procédés employés pour amener cet état morbide. Nous donnons, avec figures à l'appui, l'histoire de tout ce qui s'est fait à la Salpêtrière à ce sujet.

Enfin, après un chapitre sur les zones hystérogènes et sur les diverses manières de provoquer l'attaque, nous terminons notre ouvrage par une

étude générale sur le Sabbat, et nous l'accompagnons d'une série de vieilles gravures extraites des anciens auteurs.

La réunion des observations contenues dans l'*Iconographie* constitue donc un véritable traité des maladies du système nerveux, ou tout au moins de ce qu'on a découvert récemment sur ces affections à la Salpêtrière.

L'Académie des sciences a donné à cet ouvrage, en 1882, le prix Lallemand.

88. — De l'ischurie hystérique.

Brochure in-8°, Delahaye, éditeur. Paris, 1876.

(En collaboration avec M. Bourneville.)

Il s'agit ici d'une des observations d'hystérie les plus complètes qu'on ait jamais publiées, puisqu'elle a duré neuf années. Nous nous attachons surtout à un symptôme très curieux, l'anurie hystérique.

On peut voir dans l'observation détaillée de la malade que, dès le début de l'ischurie, on observa une sorte de compensation entre la suppression de la fonction urinaire et la production de vomissements abondants.

Cette compensation s'étendait à l'élimination de l'urée. Il se passait là ce qu'on voit chez l'animal à qui l'on a pratiqué la ligature de l'uretère et chez qui l'élimination de l'urée s'effectue par l'estomac et l'intestin. (Bernard et Bareswill.)

En se reportant aux *Leçons sur les maladies du système nerveux* de M. le professeur Charcot, on trouvera une suite de tableaux où sont consignés les résultats disséminés dans l'observation. J'en résume ici les traits principaux. En juillet 1871, la moyenne des vomissements est d'un litre par jour. *Deux* grammes d'urine sont excrétés chaque jour

En août, les vomissements sont encore d'un litre par jour, la moyenne de l'urine est de 3 grammes. Il survient une anurie totale qui dure dix jours. Nous sommes ici dans les conditions physiologiques de la ligature des uretères.

En septembre, les vomissements ont pour moyenne un litre 1/2, l'urine 2gr 1/2.

Il y a, on le voit, balancement régulier entre les deux phénomènes, et

cela est plus frappant encore à l'inspection des courbes. On voit, en effet, la ligne des vomissements s'élever quand s'abaisse celle de la sécrétion urinaire et réciproquement.

Ce qui était vrai pour l'élimination de l'eau l'était aussi pour l'excrétion de l'urée. Un jour (10 octobre) où l'urine contenait 179 milligrammes d'urée, les vomissements en contenaient 3^{gr},699. Or, cette urée s'amassait-elle dans le sang? Non, car le sang d'Etch... contenait exactement la même quantité d'urée que celui d'une de ses voisines de salle qui n'était point atteinte d'ischurie.

Après une rémission, une nouvelle période d'oligurie reparaît (janvier 1872); et ici nous remarquons un phénomène nouveau : c'est une sorte d'alternance entre l'anurie et de véritables crises de polyurie. Nous retrouvons ce fait plus marqué encore dans les jours qui précédèrent la guérison subite.

Pendant un espace de temps (janvier, octobre 1872), la moyenne des urines a été de 206 grammes, contenant 5 grammes d'urée; la moyenne des vomissements était de 362 grammes, renfermant 2^{gr},138 d'urée. La compensation se produisait encore, mais le total était bien faible.

Etch... se trouvait dans une deuxième période d'anurie qui durait depuis le mois d'août 1874, quand M. Charcot nous a chargé de reprendre son étude.

Nous n'avons pas effectué moins de 112 dosages, dont nous avons représenté les résultats sur la courbe jointe à notre publication. Nous avons, de plus, recherché quelles étaient, dans le cas qui nous occupait, les variations des chlorures et de l'acide phosphorique. On verra plus loin les résultats auxquels nous sommes arrivés.

Nous nous trouvions dans des conditions spécialement favorables pour observer. On sait, en effet, combien il est difficile d'obtenir d'un malade qu'il conserve la totalité de ses urines. C'est pourtant une condition essentielle au succès, et on peut dire qu'en pratique elle n'est jamais réalisée. Or, Etch... était atteinte d'une contracture du col de la vessie qui obligeait à la sonder plusieurs fois par jour : elle était clouée sur son lit par la contracture de ses membres inférieurs, et il n'est jamais arrivé qu'on ait trouvé ses draps mouillés d'urine. Nous sommes donc certains d'avoir opéré sur la totalité du liquide sécrété.

Il existe encore une cause d'erreur considérable à laquelle sont forcés de se résigner tous ceux qui pratiquent sur des malades l'analyse de l'excrétion urinaire. — L'alimentation, plus. ou moins azotée, a une influence évidente sur la quantité d'urée que l'on rencontre chaque jour. — Il faudrait donc soumettre le malade à une alimentation toujours identique. — Il suffit d'avoir fait à l'hôpital une pareille tentative pour savoir que la chose est absolument impraticable et pour en arriver à accepter cette cause d'erreur en la signalant plutôt que de se faire illusion.

Chez E..., il n'en était plus de même. Depuis plusieurs mois elle était atteinte d'une contracture œsophagienne qui l'empêchait d'avaler quo que ce fût sans le secours de la sonde, et cette condition a duré jusque dans les derniers jours de nos recherches.

Nous avons donc pu peser très exactement et chaque jour les aliments ingérés, et nous mettre à l'abri des variations qui auraient pu venir de l'alimentation.

En examinant lu courbe qui représente l'ensemble de nos dosages, nous voyons de suite qu'elle contient deux éléments. Pendant plusieurs jours, pendant des mois, l'excrétion se maintient aux environs de 0 : c'est de l'ischurie complète. Puis certains jours, la sécrétion monte tout d'un coup à des chiffres exagérés. Il semblerait qu'il se fait une décharge : le lendemain, le chiffre habituel reparaît. Enfin, une brusque élévation se produit et persiste; ce jour-là, la contracture a cessé et en même temps aussi l'ischurie

Cette disposition nous permettra de diviser notre étude; nous examinerons l'ischurie d'abord, les crises urinaires ensuite, et enfin la période qui succéda à la guérison.

L'ischurie était presque absolue. Certains jours, la quantité d'eau est au voisinage de 0. Le plus souvent, l'excrétion est de 12 à 25 grammes. Et il n'y a pas lieu de s'en étonner, puisque la malade ne buvait pas un demi-litre de liquide par jour. L'exhalation pulmonaire et cutanée suffit pleinement à rendre compte de la différence entre l'eau ubsorbée et l'eau rendue.

Pour l'urée, la même explication ne saurait suffire. On voit, par exemple, qu'entre deux crises urinaires, pendant une période de vingt-quatre jours, E... rend une somme totale de $8^{gr},994$ d'urée; pendant une autre période de quarante-cinq jours, elle en rend $8^{gr},131$. La sécrétion ordinaire est,

chez cette femme, de 3 ou 4 décigrammes par jour. Il faut donc que la nutrition soit profondément troublée.

Certains jours, la malade était prise d'une véritable crise. Elle souffrait de douleurs lombaires très vives, son visage était rouge, ses yeux larmoyants, elle s'agitait sur son lit, puis elle se mettait à uriner et rendait en quelques heures, quelquefois en quelques minutes, 2, 3 ou même 4 litres 1/2 d'urine, contenant 20, 25, 28 grammes d'urée. L'attaque était alors terminée et la sécrétion retombait à 0.

Déjà, dans les deux premières périodes, de semblables crises s'étaient produites, en particulier en janvier 1872, le 18 mars, le 28 mars de la même année. Mais jamais elles n'avaient été aussi remarquables ; jamais non plus l'analyse chimique n'avait été faite ces jours-là.

On remarquera qu'après ces crises l'action qui avait produit la décharge n'était pas absolument épuisée, car le surlendemain il se produisait toujours une élévation de l'urée, puis l'ischurie complète reparaissait.

Nous devons signaler ici un fait singulier, qui n'est peut-être que le produit du hasard. Si nous additionnons la quantité d'eau et d'urée excrétée chaque jour entre chaque décharge, nous nous trouvons en face de ce bizarre résultat :

	Eau.	Urée.
Entre la 1re et la 2e décharge (24 jours)...............	498gr	8gr,299
Entre la 2e et la 3e décharge (45 jours)..............	499gr	8gr,131

Chiffres sensiblement égaux; en sorte qu'il semblerait que le temps écoulé depuis une crise était sans influence sur l'apparition de la suivante, et que tout dépendait de la quantité d'urée expulsée de l'économie.

Dès que l'ischurie hystérique lui fut cliniquement connue, la première idée qui vint à M. Charcot fut de chercher s'il n'existerait pas quelque voie de dérivation pour l'excrétion de l'urée. Les hystériques atteintes d'anurie vomissent. — E... vomissait, et l'on trouvait beaucoup d'urée dans ses vomissements. Un matin survient un fait remarquable. La malade guérit subitement de sa contracture, de son aphonie, de son amblyopie, etc. Jusqu'ici rien que de très normal; mais du même coup cesse l'ischurie. Pen-

dant cette crise douloureuse qui produit la guérison, E... rend 43 grammes d'urine contenant 1gr,786 d'urée. Quelque temps avant, il lui fallait une semaine pour en sécréter autant; puis, dans la journée, elle rend 260 grammes d'urine contenant 6gr,489 d'urée; en tout 8gr,1/2 d'urée.

C'était, en réalité, une de ces crises urinaires que nous avions déjà observées. Mais au lieu qu'après ces dernières la sécrétion se supprimait de nouveau, nous la voyons se maintenir avec la guérison des autres symptômes, et dès lors commence une marche presque aussi extraordinaire que l'ischurie elle-même. Ainsi la courbe est formée de grandes élévations (28 grammes d'urée), suivies d'une chute brusque, précédée elle-même du petit crochet que nous avions vu déjà succéder aux crises urinaires; mais jamais nous ne revenons à 0. L'ischurie est bien terminée.

Il convient d'ailleurs de faire remarquer qu'à ce moment notre malade urinait sans la sonde, qu'elle mangeait beaucoup et même avec excès, et que, par conséquent, nos résultats n'ont plus la rigoureuse précision de ceux que nous avons exposés plus haut.

Nous avons voulu joindre à l'étude des variations de l'urée celle des variations des chlorures et de l'acide phosphorique.

Ces substances sont diminuées pendant l'ischurie, mais, toute proportion gardée, bien moins que l'urée, puisqu'on les trouve en quantité égale à celle-ci.

En revanche, les jours de crises urinaires, on voit que les courbes ne concordent plus : les substances salines sont peu augmentées, tandis que l'excrétion de l'urine subit une exagération rapide. L'élimination des chlorures et de l'acide phosphorique semble être en relation avec celle de l'eau.

En résumé, ischurie allant presque jusqu'à la suppression de la sécrétion, crises urinaires subites, guérison instantanée de l'ischurie en même temps que des autres phénomènes morbides, tel est l'ensemble de faits que nous avons pu observer sur notre malade.

Nous n'avons pas trouvé de cas où les recherches aient été suivies longtemps : les nôtres ont duré près de quatre mois; la guérison est survenue sous nos yeux, et c'est de là que notre étude tire son principal intérêt.

Cette observation a été suivie d'un certain nombre d'autres, et aujourd'hui, grâce à M. Charcot, l'ischurie hystérique est parfaitement admise.

89. — Analyse du liquide dans l'hydronéphrose. Absence d'urée.

(En commun avec M. RAYMOND.)

Le liquide d'une hydronéphrose contenait :

Eau	977
Urée	3,85
Albumine	7,60
Chlorures	6,10
Phosphates, sulfates, etc	5,45
	1000,00

Le rein continuait donc à sécréter, mais l'urée ne passait plus, et la malade mourut d'urémie. Ainsi se trouvait réalisée par une maladie spontanée l'expérience d'Hermann sur l'augmentation de pression dans l'uretère.

90. — Note sur la composition chimique des os dans l'arthropathie des ataxiques.

(Société de biologie et *Comptes rendus de l'Institut*, 1879.)

M. Charcot a découvert l'arthropathie des ataxiques. Quelques auteurs ont prétendu qu'il n'y avait là que de l'arthrite sèche et nullement une lésion spéciale et trophique. Or, notre analyse démontre le contraire.

100 grammes d'os ataxiques contiennent :

Matières minérales	24,20
— organiques	75,80

Les matières organiques sont :

Osséine	37,70
Graisse	38,10

Les matières minérales sont :

Phosphate de chaux	10,9
Carbonate de chaux	11,8
Phosphate de magnésie	0,7
Chlorures	0,8

Cette composition est bien différente de celle de l'os normal. Elle ressemble à celle de l'ostéomalacie et constitue une vraie stéatose exactement inverse de ce qui se voit dans l'arthrite sèche.

91. — Influence de la chaleur sur les cellules du foie.

(En commun avec M. Paul Bert.)

(Société de biologie, 1880.)

Quand on ajoute un fragment de foie préalablement bien lavé et absolument débarrassé de sang à de l'eau oxygénée, celle-ci est brusquement décomposée.

Le même foie, porté au-dessus de 70°, est absolument sans action.

92. — Sur un cas d'arthropathie chez un ataxique.

(Société anatomique, 1877.)

Il s'agit d'un cas nouveau d'arthropathie chez un ataxique. Cette affection était alors assez mal connue, et même son existence était discutée.

93. — Sur une épidémie de contracture observée à Gentilly (Seine).

(En commun avec M. Jules Simon.)

(*Société médicale des hôpitaux*, 1876.)

A la suite d'une émotion vive, toute la population enfantine de Gentilly fut prise de contracture par imitation. Les adultes même furent atteints, et on ne put arrêter la maladie qu'en disséminant les enfants dans les hôpitaux de Paris.

94. — Sur l'absorption cutanée de l'iode chez les enfants.

(En commun avec M. Jules Simon.)

(*Société de biologie*, 1876.)

On fait souvent, chez les enfants strumeux ou teigneux, de grandes

applications iodées. Il en résulte souvent des accidents d'iodisme, et en particulier une albuminurie passagère qui peut tenir soit à l'élimination de l'iodure formé dans l'économie, soit à l'excitation cutanée et au réflexe sur le rein produits par le révulsif.

95. — Note médico-légale sur la possibilité de faire totalement disparaître un cadavre au moyen de l'acide sulfurique ordinaire.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1883.)

Dans une cuvette, j'ai placé le cadavre d'un nouveau-né pesant 3 kilogrammes. Je l'ai arrosé avec 4 litres d'acide sulfurique que j'ai moi-même acheté chez un marchand de couleurs. Trente heures après, sans qu'il se fût dégagé ni chaleur ni odeur, le cadavre était anéanti.

Le meilleur moyen de se débarrasser de l'acide est encore celui qui se présente le mieux à l'esprit des criminels. Il suffit de le jeter dans la fosse de la maison : les conduits sont en poterie et par conséquent inattaquables; l'acide, arrivé dans la fosse, rencontre une grande quantité de carbonate d'ammoniaque provenant des urines, il se fait du sulfate d'ammoniaque et de l'acide carbonique, et toute trace, non seulement du crime, mais aussi du moyen employé pour le dissimuler a disparu.

J'ai vainement cherché un moyen de déceler ces manœuvres : la présence du sulfate d'ammoniaque est normale dans la fosse et ne prouve rien.

Donc, si j'ai publié ces recherches, qu'il serait assez fâcheux de faire connaître au grand public, c'est pour que les médecins légistes soient avertis de la possibilité, de la facilité même de faire disparaître les avortons ou les cadavres d'enfants, tant que l'acide sulfurique se vendra aussi librement qu'aujourd'hui.

C'est aussi pour poser devant les chimistes le problème que je n'ai pu résoudre, à savoir la recherche de l'acide sulfurique après qu'il a été jeté dans la fosse de la maison.

96. — Premiers soins à donner aux ouvriers blessés dans les explosions de grisou.

Ce manuel élémentaire a été rédigé par l'auteur sur l'ordre de la commission du grisou (loi du 26 mars 1877). Il est destiné aux maîtres mineurs, mécaniciens et chefs d'escouade. Il résume les moyens de sauvetage employés dans les mines et les premiers secours chirurgicaux à donner aux ouvriers après les grandes catastrophes.

V

TECHNIQUE

97. — Méthode pour l'analyse des produits de la respiration.

(En commun avec M. Jolyet.)

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1876.)

Notre appareil est basé sur les mêmes principes que celui de MM. Regnault et Reiset. C'est, en réalité, l'appareil de ces savants perfectionné à certains points de vue et mis à l'usage des physiologistes.

Le but que nous nous sommes proposé en modifiant l'appareil de MM. Regnault et Reiset a été de répondre à deux desiderata laissés par cet appareil.

La méthode de MM. Regnault et Reiset demande un déploiement considérable d'instruments, le maniement de cloches et de pipettes d'une grande capacité, qui ne se rencontrent pas dans le commerce et qui, fabriquées par des constructeurs habiles, reviennent à un prix qui les éloigne des laboratoires modestes.

Enfin, l'instrument complet tient une place considérable et ne peut être toujours tenu monté et prêt à fonctionner, quand le hasard d'une expérience rend nécessaire le dosage des produits de la respiration.

On verra plus loin, par le détail que nous allons donner de notre méthode, que toutes les pièces qui composent notre instrument se trouvent dans les laboratoires de physiologie, que l'appareil, simplement appliqué contre un mur, n'est point encombrant et qu'il peut être constamment prêt à fonctionner. Ces qualités nous semblent en faire un véritable appareil usuel de physiologie.

Le second point où, de l'aveu même de ses auteurs, la méthode de

Regnault et Reiset s'est montrée en défaut, consiste dans la lenteur de l'absorption de l'acide carbonique, au point que ce gaz peut demeurer dans l'air dans des proportions considérables; on verra plus loin qu'une disposition spéciale nous permet d'éviter complètement cette cause d'erreur.

Notre appareil se compose de trois parties : une cloche dans laquelle respire l'animal, un appareil destiné à condenser l'acide carbonique au fur et à mesure de sa production, un système destiné à remplacer l'oxygène à mesure qu'il est consommé.

A. — La cloche dans laquelle était contenu l'animal avait, dans l'instrument de MM. Regnault et Reiset, une capacité de 45 litres. C'était une cause de grande lenteur dans lo maniement de l'appareil, et encore cette capacité déjà considérable ne permettait-elle pas d'agir sur tous les animaux et forçait-elle à choisir des espèces d'assez petite taille. De plus, l'animal, une fois enfermé dans la cloche, échappait complètement à l'expérimentateur, qui ne pouvait plus agir sur lui, et dans ces conditions il était impossible d'étudier les phénomènes de la pathologie expérimentale.

Nous avons employé une cloche d'une capacité de 10 litres C qui so trouve partout et dont le maniement est des plus faciles. Cette cloche est rodée et lutée sur une plaque de verre. La cloche est assez grande pour contenir les animaux de petite taille, tels que rats, cobayes, lapins, que l'on peut y laisser des journées entières. Pour les grandes espèces, elle peut encore servir efficacement, grâco à la disposition suivante.

Un chien, par exemple, est couché sur une table à laquelle il est fixé par des attaches; les voies aériennes sont fermées par une muselièro complètement hermétique. Cette muselière est, en effet, munie d'un bourrelet creux en caoutchouc qu'il est facile de gonfler par un tubo latéral et qui, s'appliquant autour du museau de l'animal, rend impossible toute fuite de l'appareil. A la muselière aboutit un gros tube rigide muni d'un robinet à trois voies et communiquant avec une des tubulures de la cloche. Grâce au robinet, l'animal peut être mis subitement en rapport avec l'atmosphère do la cloche, et il se trouve exactement dans les mêmes conditions que s'il était contenu dans sa cavité. Par ses alternatives d'inspiration et d'expiration, l'animal produirait des alternatives de pression et de dépression dans la cloche, sans une disposition spéciale que nous avons imaginée. A l'une des tubulures se trouvo fixé un petit sac de caoutchouc *v* qui peut s'aplatir

exactement. L'inspiration et l'expiration de l'animal ont simplement pour action de soulever ou de laisser retomber la mince paroi de ce sac. Il n'y a donc jamais ni augmentation ni diminution de pression dans l'appareil. Ajoutons qu'un thermomètre t et un manomètre m très sensibles sont en communication avec la cloche et permettent de faire très exactement les déterminations gazométriques.

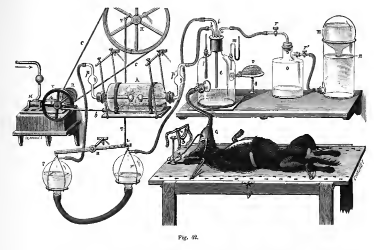


Fig. 42.

Voilà donc notre animal, soit inclus dans la cloche à respiration, soit en communication avec elle, et n'y produisant d'autres modifications de pression que celles résultant de la consommation de l'oxygène et de l'absorption de l'acide carbonique.

B. — Comment cet acide carbonique est-il absorbé? Du sommet de la cloche C partent trois tubes, dont deux, k et i, nous occuperont tout d'abord. Ces tubes, prolongés par des conduits de caoutchouc, aboutissent tous deux à un système PP′ de pipettes. L'un d'eux traverse d'abord l'agitateur A. Les deux pipettes, pleines de potasse, sont suspendues à un balan-

cier B que fait mouvoir une tige T suspendue à la bielle d'une grande roue de tour R. La roue R est mue par une courroie C qu'anime le moteur hydraulique de Bourdon M. Supposons le moteur en mouvement, la tige T est soulevée en haut, puis poussée en bas; elle entraîne le balancier B dans ces alternatives, et les pipettes s'élèvent et s'abaissent successivement. La solution de potasse, elle, passe successivement de P en P', de sorte que l'air de la cloche C est successivement appelé dans chacune d'elles pour s'y dépouiller de son acide carbonique. C'est le condenseur de Regnault et Reiset un peu simplifié. Mais ici nous avons intercalé une disposition qui rend absolument complète l'absorption de l'acide carbonique.

Sur le trajet du tube *k* nous avons mis un vase A placé sur un plateau oscillant *b* et à moitié plein d'une solution de potasse. L'air de la cloche, pour se rendre à la pipette P, est obligé de traverser ce flacon. Or, par l'intermédiaire d'une bielle, le moteur l'agite violemment, de sorte que l'air est sans cesse brassé dans une véritable pulvérisation de potasse. Tout son acide carbonique est absorbé instantanément. Les boules *p* et *p'* sont destinées à empêcher le reflux de la potasse dans les condenseurs. L'absorption de l'acide carbonique amènerait dans l'appareil une diminution de pression si cet acide carbonique n'était immédiatement remplacé par de l'oxygène, qui rend à l'atmosphère de C sa composition normale.

En *o* se trouve un tube communiquant avec un grand récipient O, rempli d'oxygène pur. Par sa tubulure *r'*, ce récipient est lui-même en communication avec un appareil à niveau constant H, rempli d'une solution concentrée de chlorure de calcium. Dès qu'une quantité donnée d'acide carbonique est absorbée, une quantité exactement égale d'oxygène passe de O en C, et une quantité égale de chlorure de calcium vient remplacer cet oxygène. Et, comme le niveau *r'* reste toujours le même, grâce au ballon renversé H, il n'y a jamais tendance à ce que l'oxygène passe irrégulièrement dans la cloche C.

Ainsi se trouvent maintenues pendant toute la durée de l'expérience la tension et la composition gazeuse de l'appareil.

Examinons maintenant la marche d'une expérience.

On commence par mettre dans les pipettes et dans l'agitateur une quantité connue d'une solution de potasse titrée; puis, dans le flacon O, une quantité connue d'oxygène pur, dont on prend la température et la pression.

On connaît, d'autre part, le jaugeage de tout l'instrument; en en retranchant le volume de la potasse introduite, on sait donc la quantité d'air et, par conséquent, d'oxygène qu'il renferme. On fixe le chien sur la table d'opération, on le met en rapport avec la cloche, puis, le moteur étant en mouvement, on note l'heure en même temps qu'on tourne le robinet à trois voies. L'expérience commence alors. Dès que l'oxygène est consommé, on note de nouveau l'heure, la température et la pression.

On soumet l'air à une analyse endiométrique, on dose l'acide carbonique contenu dans la potasse, et on connaît ainsi très exactement les quantités d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique que contenait l'appareil au début et à la fin de l'expérience, et, par suite, on possède tous les éléments nécessaires pour déterminer exactement :

1° La quantité d'oxygène consommée par l'animal;

2° La quantité d'acide carbonique exhalée.

98. — Nouvelle méthode pour le dosage volumétrique de l'acide carbonique.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

(En commun avec M. Jolyet.)

Il est utile de doser exactement l'acide carbonique fixé sur la potasse dans les appareils qui ont servi à l'étude de la respiration des êtres animés. Nous avons pour cela imaginé la méthode suivante, qui est d'une grande exactitude.

Notre procédé consiste à extraire l'acide carbonique fixé sur la potasse, au moyen de la pompe pneumatique à mercure. Le récipient vide de la pompe pneumatique à mercure étant donc préparé comme pour l'extraction des gaz de l'eau, on y introduit la solution de potasse à analyser, en ayant soin de bien laver le barboteur à l'eau distillée, et de faire pénétrer également les eaux de lavage. Ceci fait, on donne quelques coups de pompe, et l'on débarrasse le liquide potassique de l'air dissous. Alors par le robinet R on introduit dans le récipient un excès d'acide chlorhydrique ou sulfurique; un abondant dégagement de gaz se produit dans le ballon. Il n'y a plus qu'à l'extraire et à le mesurer.

Mais ici deux procédés interviennent, suivant que l'expérience a duré quelques heures seulement ou plusieurs jours.

Dans le premier cas, la quantité d'acide carbonique est relativement faible et peut être recueillie dans des tubes gradués, sur la cuvette à mercure



Fig. 43.

de la pompe. Pour n'avoir pas à remplir ainsi un trop grand nombre de tubes, et, par suite, à faire autant de lectures dont chacune est forcément entachée d'une légère erreur, nous nous servons de tubes de forme spéciale (fig. 43).

Ces tubes, qui contiennent 60, 120 et 150 centimètres cubes, offrent dans la continuité une boule comprise dans la graduation, et calculée de façon à permettre de lire en haut du tube le gaz restant après absorption du gaz

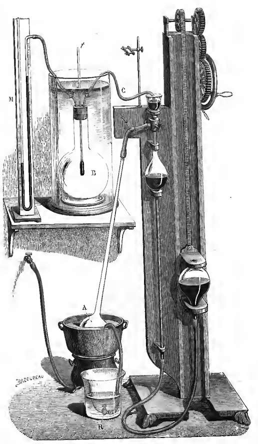


Fig. 44.

acide par la potasse. On extrait l'acide carbonique dégagé, et on en remplit un ou plusieurs tubes à boule; on achève l'extraction dans un tube gradué ordinaire. Le gaz est mesuré et l'acide carbonique absorbé par la potasse; s'il reste un peu d'air, le volume restant est lu et défalqué.

Dans le second cas, c'est-à-dire lorsque l'expérience a duré longtemps, et que par conséquent la quantité de gaz acide produit et fixé par la potasse a été relativement considérable, nous employons l'appareil suivant, que représente en entier la figure 44.

Un grand ballon B, d'une capacité exactement connue, est muni d'une armature qui porte deux tubulures à robinet. Par l'une des deux tubulures il est en rapport avec une des branches du manomètre à mercure M; par l'autre, avec un tube de caoutchouc à vide C. Le ballon, dans l'intérieur duquel se trouve un thermomètre, plonge complètement dans une conserve remplie d'eau. On fait un vide partiel dans le ballon, et on note la température et la pression du gaz restant. La solution de potasse à analyser est introduite dans le récipient A, et les gaz dissous sont chassés. Alors, on adapte l'extrémité du tube C à l'ajutage supérieur de la pompe à mercure, et la clef du robinet à trois voies est tournée de façon à établir toutes les communications. L'acide sulfurique est introduit dans le ballon A, le gaz acide carbonique se dégage, la pression remonte dans l'appareil. Quand l'équilibre est établi, la clef du robinet est ramenée dans sa position normale. Par une série de manœuvres de la pompe, le gaz dégagé dans le récipient A est chassé dans le ballon B, jusqu'aux dernières traces que l'on recueille dans un tube gradué. On note de nouveau la température et la pression dans le ballon; on possède alors tous les éléments pour déterminer la quantité de gaz acide contenu dans la solution de potasse et chassé dans le ballon. Soit X le volume de CO^2 cherché, V celui du ballon, t et h la température et la pression de l'air dans le ballon au début, t' et h celles après, et H la pression barométrique, on aura :

$$X = \frac{V(H - h')}{H(1 + \alpha t')} - \frac{V(H - h)}{H(1 + \alpha t)}.$$

Dans toutes nos expériences, nous nous sommes servis de potasse pure. Mais, malgré cette précaution, nos solutions de potasse contenaient toujours une certaine quantité de carbonate alcalin. C'est pourquoi chaque analyse

de solution potassique après l'expérience doit être précédée d'une analyse d'un échantillon de la solution avant l'expérience, afin de déterminer la quantité d'acide carbonique contenue dans la solution normale de potasse et qui doit être défalquée.

99. — Appareils destinés à la production des gaz purs et aux analyses eudiométriques.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1876.)

(En commun avec M. Jolyet.)

Nous avons voulu dans nos diverses expériences introduire un nouvel élément de précision qui avait été négligé par la plupart des auteurs qui se sont occupés jusqu'à présent de la chimie de la respiration.

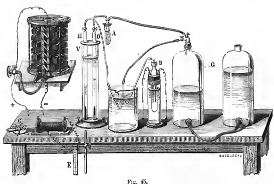


Fig. 45.

L'oxygène que l'on obtient par les procédés ordinaires et même celui fourni par la décomposition du chlorate de potasse contiennent presque toujours quelques centièmes d'azote dont il est très difficile de les débarrasser. Sans doute, on peut, par une analyse préalable, tenir compte de cette cause d'erreur, mais c'est encore une inconnue que l'on introduit dans le problème, et dans l'analyse même qui a pour but de la faire disparaître il

peut survenir des imperfections de lecture qui produisent un résultat d'autant plus fâcheux que l'on multiplie l'erreur donnée par l'eudiomètre.

Une idée fort simple par elle-même, mais qui nous a offert quelques difficultés dans la pratique, a été de préparer l'oxygène pur au moyen de la décomposition de l'eau par l'électricité.

Nous avons dû chercher tout d'abord une pile qui donnât un courant constant et durable. Les piles de Bunsen ne pouvaient nous servir, car notre appareil devait fournir de grandes quantités d'oxygène et fonctionner d'une manière continue pendant des mois. Les piles de Daniell ne nous ont pas donné un courant assez intense. Nous avons alors employé la pile thermo-électrique de Clamon, utilisée depuis quelque temps dans les usines de galvanoplastie. Cette pile peut fonctionner indéfiniment sans qu'on s'en occupe, et de fait la nôtre, composée de 100 couples, a pu, pendant près d'une année, nous donner chaque jour 4 litres d'oxygène pur pour nos expériences.

Les deux pôles de la pile sont en rapport avec un distributeur C, grâce auquel nous pouvons envoyer le courant aux divers travaux du laboratoire. De ce distributeur partent, en effet, des fils qui, passant au-dessous de la table, se rendent au grand voltamètre V. Le vase est rempli d'eau distillée bouillie, mélangée d'un quart de son volume d'acide sulfurique pur. L'hydrogène se dégage dans la cloche H, et de là il est conduit dans une cuve à eau où on peut le recueillir pour effectuer les analyses eudiométriques. Quant à l'oxygène, il se dégage en O, traverse le tube A rempli de peroxyde de plomb au contact duquel il se dépouille de son ozone, se rend dans le grand gazomètre G rempli d'une solution saturée de chlorure de calcium et s'y emmagasine. On l'en extrait par un tube abducteur qui se rend dans la cuve à eau dont nous avons déjà parlé.

Le courant de la pile nous sert encore à d'autres usages. C'est ainsi que, par un simple tour du distributeur, nous l'envoyons dans le fil d'une bobine d'induction qui nous permet de produire l'explosion dans nos eudiomètres. Enfin l'on sait combien est souvent nécessaire l'emploi des deux gaz de la pile pour provoquer ou compléter une explosion de mélanges pauvres en gaz détonants. Aussi avons-nous joint à notre appareil un voltamètre B donnant les deux gaz de la pile réunis, voltamètre que nous pou-

vons également mettre en action par un simple mouvement du distributeur C.

Il y a là, on le voit, toute une installation permettant les analyses eudiométriques les plus précises. Nous avons cru devoir la décrire en détail pour éclairer le lecteur sur la rigueur des procédés que nous avons employés dans nos expériences sur la respiration des animaux.

100. — Note sur un nouvel appareil pour l'étude de la respiration des animaux aquatiques.

(*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1876.)

(En commun avec M. Jolyet.)

Lavoisier est le premier physiologiste qui ait émis et réalisé l'idée de faire vivre un animal en vase clos, en absorbant l'acide carbonique à mesure qu'il est formé, et en rendant l'oxygène à mesure qu'il disparaît. Plus tard, M. le professeur Regnault, reprenant l'idée de Lavoisier, a fait construire un appareil ingénieux, au moyen duquel il a entrepris, en collaboration avec M. J. Reiset, une étude remarquable des produits gazeux de la respiration des animaux aériens.

Il fallait imaginer un procédé qui réalisât pour les animaux aquatiques les conditions obtenues par la méthode de ces savants pour les animaux terrestres, c'est-à-dire qui maintînt le milieu toujours normal, quelle que fût d'ailleurs la durée de l'expérience.

Que fait-on lorsque, dans un aquarium dont on ne peut renouveler l'eau, on désire conserver des poissons? On fait simplement passer dans cette eau un courant d'air qui a un double résultat : 1° il rend au liquide l'oxygène à mesure que celui-ci est dépensé par l'animal; 2° il entraîne l'acide carbonique dissous. Le problème à réaliser était donc celui-ci : dans un espace limité, de capacité connue et parfaitement clos, contenant des quantités d'eau et d'air déterminées, faire circuler et barboter l'air dans l'eau et maintenir constante la composition de ces milieux en absorbant l'acide carbonique à mesure qu'il est exhalé et en remplaçant l'oxygène à mesure qu'il est consommé, de façon à y faire vivre des animaux pendant un temps donné.

Notre appareil est ainsi disposé. Les animaux sont placés dans un réci-

pient C contenant un volume connu d'eau aérée que surmonte une couche d'air. Le récipient est rodé et fermé par une plaque de verre soigneusement lutée. Cette plaque porte quatre ajutages. Il faut noter que tous les raccords de l'appareil sont noyés dans l'eau, pour éviter toute rentrée d'air possible.

Le barbotage de l'air dans l'eau est produit par une poire de caoutchouc à parois épaisses A, communiquant par l'intermédiaire d'un système de soupapes à boules B, au moyen de tubes de caoutchouc, avec les ajutages t et t' de la plaque. L'ajutage t est terminé en pomme d'arrosoir et plongé dans l'eau, l'ajutage t' aboutit dans l'air qui est au-dessus de l'eau. La poire est maintenue entre les branches articulées de l'appareil SP mis en mouvement par le moteur hydraulique de Bourdon, et destiné à comprimer la poire 30 à 40 fois par minute. Supposons l'appareil en place et la poire comprimée : l'air est chassé dans l'appareil B ; la boule b se soulève, tandis que la boule b' s'applique sur l'orifice, qu'elle obture ; l'air est donc poussé dans le tube t et vient s'échapper en gerbes au milieu de l'eau et éclater en bulles à sa surface. Il exercerait dans l'appareil une augmentation de pression si un petit sac v, à parois accolées l'une à l'autre, ne venait recevoir cet excès d'air. La poire revient sur elle-même, un jeu inverse des soupapes a lieu, et l'air aspiré revient du récipient à la poire par le tube t' après avoir barboté dans une dissolution de potasse caustique et s'être dépouillé de son acide carbonique. Le mouvement recommence, et ainsi se produit une véritable circulation de l'air qui sature l'eau d'oxygène et la dépouille de son acide carbonique. Mais, l'expérience se prolongeant, il y a consommation graduelle de l'oxygène de l'eau par les animaux, dissolution de l'oxygène de l'air, et par suite tendance à une diminution de pression dans l'appareil. Or, de l'oxygène pur contenu dans une carafe jaugée O en communication par son orifice r' avec l'ajutage i du récipient vient combler à mesure le vide, tandis que l'oxygène lui-même est remplacé dans la carafe par une quantité égale d'une dissolution de chlorure de calcium contenue dans l'appareil à niveau N. Ainsi se trouvent maintenues pendant toute la durée de l'expérience la tension et les compositions gazeuses de l'appareil.

Veut-on faire une expérience, on place dans le condenseur D de l'acide carbonique 500 centimètres cubes d'une dissolution de potasse titrée ; dans le réservoir O, 500 centimètres cubes d'oxygène pur à zéro ; dans le réci-

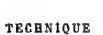


Fig. 46.

pient, 7 litres d'eau de Seine aérée, dont on a déterminé la composition gazeuse. Alors on introduit dans l'eau du récipient les animaux de poids et de volume connus ; on ferme hermétiquement, et l'on établit les communications respectives des ajutages de la plaque-couvercle. On note la pression barométrique et la température de l'appareil, qui forme alors une cavité close, de capacité déterminée, et le moteur est mis en mouvement.

L'expérience dure un ou plusieurs jours, et, en général, on l'arrête lorsque les animaux ont consommé les 500 centimètres cubes d'oxygène du réservoir. L'opération terminée, on note de nouveau la pression et la température, et l'on analyse l'air et l'eau de l'appareil. On connaît, en outre, la quantité d'oxygène pur qui a passé du réservoir dans l'appareil. L'analyse du liquide potassique contenu dans le flacon D fait connaître la quantité d'acide carbonique absorbé. On connaît donc ainsi très exactement les quantités d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique que contenait l'appareil au début et à la fin de l'expérience, et par suite on possède tous les éléments nécessaires pour déterminer rigoureusement : 1° la quantité d'oxygène consommée par l'animal ; 2° la quantité d'acide carbonique exhalée.

L'appareil que nous venons de décrire et qui se trouve figuré a depuis lors subi quelques modifications de détail, mais qui ne touchent pas au principe général qui a guidé sa construction. C'est ainsi que son installation au vivier de Concarneau a nécessité la modification suivante au dispositif décrit.

La pression de l'eau, qui constituait notre force motrice, nous faisait absolument défaut. Nous avons donc fait construire un moteur d'horlogerie à la fois assez puissant, assez régulier, et à marche assez longue pour remplacer le moteur de Bourdon.

Notre moteur est constitué par deux ressorts puissants, entraînant un barillet qui engrène sur cinq axes successifs. Le 5e de ces axes porte une roue à dents obliques engrenant sur une vis sans fin munie d'un régulateur à ailettes. Sur le 3e axe se trouve annexée une roue pleine munie de 6 saillies portant des molettes. En face de ces saillies se trouve une tige de fer montée sur un axe et oscillant comme le fléau d'une balance. La roue en tournant accroche successivement par ces saillies la tige de fer et en soulève l'extrémité. L'autre extrémité s'abaisse forcément. Or, au-dessous d'elle se trouve la poire de caoutchouc, qu'elle comprime.

Dès que la saillie de la roue a dépassé l'extrémité de la tige de fer, celle-ci revient brusquement à l'horizontale, la poire est abandonnée et se dilate. L'effet produit par le moteur hydraulique se trouve par conséquent réalisé, et l'air est alternativement chassé et appelé dans la poire.

Notre moteur produisait 16 alternatives par minute et marchait cinq heures environ sans être remonté.

101. — Sur un dispositif permettant de puiser l'eau à des profondeurs faibles pour l'analyse des gaz dissous dans la mer.

(En commun avec M. Jolyet.)

(*Archives de Physiologie*, 1877.)

Notre intention était de contrôler les résultats de W.-B. Carpenter sur la composition gazeuse de l'eau de mer, à diverses profondeurs, en faisant

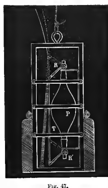


Fig. 47.

l'extraction des gaz de l'eau par les procédés perfectionnés actuels, c'est-à-dire par la pompe pneumatique à mercure. Le temps nous a manqué encore pour réaliser ce projet. Nous ferons cependant connaître un appareil qui peut servir à prendre de l'eau pour l'analyse, à des profondeurs moyennes.

Cet appareil se compose d'une forte pipette ovoïde, à robinets de fer, de 1 litre 1/2 de capacité, laquelle pipette est fixée dans une cage métallique lestée par deux lourds saumons de plomb. Les clefs des robinets R, R′ sont reliées entre elles par une tige articulée T, de manière à former un système de robinets conjugués, s'ouvrant et se fermant simultanément. Un ressort à boudin fixé d'une part à l'articulation de la clef supérieure, et d'autre part à la cage métallique en bas, maintient les robinets dans leur position fermée (cette disposition est représentée sur la figure par le trait continu). Une traction exercée sur une cordelette fixée à l'articulation d'en haut permet d'amener les robinets dans la position d'ouverture (ligne ponctuée sur la figure). Cela dit, veut-on prendre de l'eau du fond, on remplit la pipette d'un liquide dense non miscible à l'eau (mercure) et on descend l'appareil, retenu par un cordage, à la profondeur voulue. Tirant alors sur la cordelette, on ouvre les deux robinets de la pipette, qui se remplit d'eau peu à peu par déplacement du mercure, qui tombe dans un vase placé sous R′ et non figuré. Quand on juge la pipette remplie, on cesse la traction, le ressort ramène les robinets dans la position fermée. Il ne reste plus qu'à retirer l'appareil avec sa pipette remplie de l'eau d'une profondeur déterminée.

102. — Note sur un appareil destiné au dosage de l'urée.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1873.)

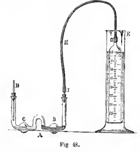


Fig 48.

L'appareil que nous avons imaginé est aujourd'hui fort répandu; il permet d'exécuter un dosage d'urée en moins de deux minutes.

L'urine à analyser est placée dans la boule C, l'hypobromite de soude en B. Il suffit de faire basculer l'appareil pour que les deux liquides se mélangent et pour que la réaction ait lieu. Le gaz dégagé est mesuré sur l'eau, dans une cloche où l'affleurement naturel du liquide marque le 0°. Des tables faites d'avance donnent immédiatement la correction de la température.

103. — Piles constantes et graduées à courants très faibles, destinées à reproduire les phénomènes de la métallothérapie.

(En commun avec M. G. TROUVÉ.)

(*Comptes rendus de la Société de biologie* et *Rapports de la Commission du prix Godard pour 1877.*)

Ces piles sont formées de petits disques de papier buvard imprégnés les uns de sulfate de cuivre, les autres de sulfate de zinc; ils n'ont que quelques millimètres de diamètre et sont contenus dans un tube de verre. Ils constituent une pile très faible qui reproduit tous les effets de la métallothérapie.

104. — Procédé nouveau pour la photographie microscopique.

(*Société de biologie*, 1880.)

Nous avons présenté à la Société de biologie un atlas complet de moelles photographiées par un procédé nouveau. Abandonnant le collodion, nous le remplacions par une solution albumineuse. La pose est courte et les images sont très fines. La gélatine a, depuis, dépassé beaucoup notre méthode.

105. — Sur un dispositif nouveau donnant des piles à forte tension, à longue durée, à grande constance et exemptes de polarisation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882.)

La pile dont il s'agit est une simple pile Bunsen pour le dispositif; on y retrouve le charbon, le zinc, le vase poreux, etc.; pour la réaliser, il

n'y a aucune modification à faire subir au dispositif ordinaire; seuls les liquides sont changés.

Dans le vase extérieur on met une solution concentrée et un excès de bisulfate de mercure; dans le vase poreux une dissolution de hi-azotate de mercure et un excès de ce sel : les deux acides de l'élément Bunsen sont donc remplacés par leur sel de mercure en excès. Le Bunsen se met alors à fonctionner comme un Daniell, il en prend toutes les qualités, mais il a un grand avantage sur lui. Ce n'est pas du cuivre qui se dépose dans les deux vases, c'est du mercure. On sait que, dans les Daniell, le cuivre passe dans le vase extérieur pendant les repos de la pile, recouvre le zinc et forme des courants inverses; le cuivre se dépose aussi dans les mailles du vase poreux et le met rapidement hors d'usage. De plus, le sulfate de cuivre du vase poreux est un liquide grimpant qui passe par-dessus ce vase et vient se mélanger avec le sulfate de zinc. Rien de pareil n'a lieu avec l'élément au mercure. Si ce métal se dépose sur le zinc, il ne fait que l'amalgamer et rendre le courant plus constant; le mélange des deux liquides n'est plus un inconvénient. Si le mercure se dépose sur le vase poreux, il tombe bientôt au fond et n'encrasse pas ce vase.

Enfin l'excès de sulfate et de nitrate de mercure se dissolvant à mesure de l'usure de la partie déjà dissoute et les liquides demeurant toujours concentrés, la pile demeure d'une constance parfaite tant qu'il y a excès de sels.

106. — Nouveau thermostat.

(Comptes rendus de la Société de biologie, 1878.)

Les meilleurs régulateurs d'étuves (Schlœsing, Friedel) demandent plusieurs heures pour être fixés à un degré convenu.

Nous avons donc dû imaginer une disposition spéciale que nous décrirons ici parce qu'elle est commode et qu'elle pourra servir aux personnes qui auraient à réaliser les conditions que nous étions obligés de subir.

Une grande capsule est remplie d'eau. Au-dessous se trouve placé un bec de gaz. Le gaz arrive à ce bec par un tube en caoutchouc. Dans un point de son trajet, ce tube est formé par deux très minces lamelles de caoutchouc, collées sur les bords. La plus légère compression sur ces

lamelles empêche le passage du gaz et éteint le bec. Or, justement au-dessus d'elles se trouve un couteau d'acier E, qui peut être vivement abaissé par un électro-aimant et produire la compression nécessaire pour arrêter le gaz.

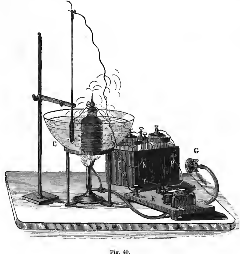


Fig. 49.

L'électro-aimant est actionné de la manière suivante :

Dans l'eau de la capsule C plonge un thermomètre ouvert à l'une de ses extrémités. Cette ouverture donne passage à un fil de platine que l'on peut descendre ou remonter dans l'intérieur du thermomètre, et que l'on peut, par conséquent, arrêter en face du degré que l'on veut. Dans le réservoir du thermomètre est, d'autre part, soudé un fil de platine noyé dans le mercure. Deux éléments de Leclanché sont mis en rapport avec l'électro-aimant, de telle sorte que le courant est interrompu seulement entre la tige de platine et la colonne de mercure. Si le bain C s'échauffe, le mercure monte dans le thermomètre, et, quand il arrive au degré où on a arrêté la

tige, le courant s'établit, l'électro-aimant entre en action et éteint le gaz. La température est réglée. En effet, si peu qu'elle diminue, le mercure quitte la petite tige de platine, l'électro-aimant se relève, le gaz passe, se rallume au petit bec de sûreté et le bain se réchauffe, mais immédiatement le mercure remonte et éteint le feu dès que la température voulue est de nouveau atteinte. D'où une série de mouvements du gaz qui font que le bain ne change pas de température.

Principal avantage : réglage instantané et sans tâtonnements de la température de l'étuve C. Deuxième bénéfice : Si on veut changer le degré, il suffit de faire mouvoir la tige de platine et de l'amener en face de la graduation du thermomètre pour que, *quelques minutes* après (2 ou 3 au plus), l'étuve soit réglée à un degré nouveau.

107. — Sur un nouvel appareil respiratoire pour le sauvetage dans les mines et dans les incendies.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882.)

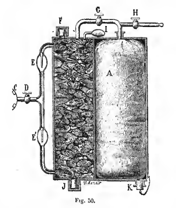


Fig. 50.

Notre appareil consiste en une boîte de zinc légère divisée en deux compartiments.

Dans l'un est un sac rempli d'oxygène que le métal empêche de diffuser. Dans l'autre se trouve de la ponce imbibée de potasse caustique. Quand on respire dans l'appareil, l'acide carbonique est absorbé par la potasse, et l'oxygène remplace à mesure celui qui est consommé. La provision dure deux heures.

Des expériences ont été faites avec succès dans les caves de l'École des mines par la Commission du grisou.

108. — Appareil destiné à enregistrer sous forme de courbe continue les phénomènes de la fermentation.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882, et *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1882.)

Ce qu'on connaît aujourd'hui des fermentations, c'est surtout leur résultat final. Cela tient à la manière dont on les étudie. On se contente en effet, en général, de placer le ferment en présence de la matière fermentescible, on attend que toute action de l'un sur l'autre soit terminée, on analyse le produit obtenu et on s'en tient là. Mais de cette manière on ignore la marche de la fermentation, on ne sait si à certains moments donnés elle a des arrêts ou des temps de suractivité, si elle augmente ou si elle diminue d'intensité à mesure qu'elle marche, si elle s'arrête brusquement ou progressivement, si certaines substances ont la propriété de l'accélérer ou de la ralentir.

La méthode graphique, qui, dans tous les ordres de la science, a rendu de si éminents services, est seule capable de nous donner tous ces renseignements, puisqu'elle peut noter à mesure toutes les phases du phénomène sans l'interrompre.

Notre appareil nous a permis d'obtenir ce résultat avec une précision telle que nous n'osions l'espérer au début de nos recherches.

Il sert à enregistrer la marche de toute fermentation ou putréfaction pouvant donner lieu à un dégagement gazeux, et c'est précisément le dégagement du gaz qu'il enregistre.

En jetant un simple coup d'œil sur l'appareil figuré ci-après, on verra

combien il est compliqué, mais cette complication même est nécessaire si on veut arriver à des résultats certains.

C'est sur un cylindre tournant G, couvert d'une feuille de papier enduite de noir de fumée, qu'un style viendra tracer la courbe de la fermentation.

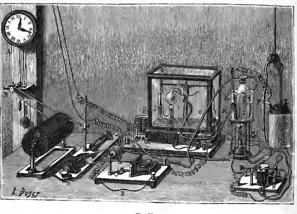


Fig. 51.

Ce cylindre est mû lentement par une horloge : un mécanisme fort simple nous permet de réaliser, à peu de frais, ce mouvement très régulier. Nous nous servons d'une horloge ordinaire A : la corde qui en soutient le poids s'enroule autour d'un treuil B, qui tourne régulièrement à mesure que descend le poids. Ce treuil, au moyen d'une cordelette de transmission, entraîne le cylindre dans son mouvement : il suffit d'augmenter la puissance du poids de l'horloge pour conduire des cylindres aussi lourds et aussi volumineux que l'on veut, ce qui est impossible avec les appareils en usage jusqu'à présent.

En K se trouve un flacon de verre, dans lequel se passe la fermentation. Ce flacon est plongé dans un bain-marie tenu à une température constante par un thermomètre électrique M et un régulateur N actionné par la

pile P. Nous ne reviendrons pas sur la description de ce régulateur. Qu'il suffise de savoir que, dans la figure, les organes M, K, P, N n'ont d'autre but que de maintenir le bain à une température constante.

Le flacon communique par deux tubes : 1° avec un manomètre à eau J; 2° avec une petite cloche H plongée dans du mercure.

Quand, par suite de la fermentation, les gaz viennent à se dégager dans le flacon fermé, le flotteur, placé sur l'eau du manomètre, s'élève, et il entraîne avec lui le bras de la balance auquel il est attaché. Le bras opposé s'abaisse, et un fil de platine qui le termine vient plonger dans un godet de mercure O. Ce contact ferme le courant d'une pile placée dans une pièce voisine, et dont les conducteurs sont seuls représentés sur la figure.

Or, ce courant passe, à la fois et en même temps, dans la bobine F et dans la bobine E. Ces bobines s'aimantent et attirent leurs armatures.

En basculant l'armature de la bobine, E pousse *une* dent de la roue à rochet qui est au-devant d'elle. Cette roue à rochet entraîne, au moyen d'une corde de transmission, la vis D qui porte le style inscripteur. Cette vis tourne d'une certaine quantité, et le style avance d'autant.

Mais, du même coup, la bobine F s'est aimantée. En basculant, son armature a soulevé la clochette qui plongeait dans lo mercure et qui communiquait avec le flacon à fermentation. Celui-ci s'est trouvé débouché; le gaz produit s'est échappé. Aussitôt l'excès de pression a été détruit; le manomètre est retombé à 0°; le fil de platine a quitté le mercure et le courant a été rompu. Les deux bobines se sont désaimantées; la clochette est retombée dans le mercure; l'armature de E est revenue sous une autre dent de la roue à rochet, et tout est retombé dans le repos jusqu'au moment où une quantité de gaz, juste égale à la première, aura été produite par la fermentation. Alors, le même mécanisme se reproduira et le style avancera d'un nouveau degré. Finalement, il résultera de là, sur le cylindre, une courbe odométrique qui indiquera toutes les phases de la fermentation. Il est évident qu'on devra toujours se servir du même flacon et y mettre toujours la même quantité d'eau si on veut que ce soient des quantités de gaz égales qui produisent le déclanchement de la machine.

109. — Sur un appareil destiné à enregistrer la marche de la consommation d'oxygène par la respiration d'un animal.

(*Comptes rendus de l'Académie des science*, 1882.)

Cet appareil n'est qu'une légère modification du premier. L'appareil inscripteur reste absolument le même. Il n'y a de changé quo la manière dont le courant électrique est fermé.

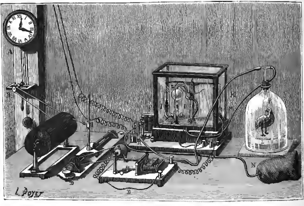


Fig. 52.

Dans la cloche P se trouve l'animal en expérience. Il est placé sur un grillage au-dessous duquel se trouve un vase L, rempli d'une solution de potasse caustique très concentrée.

A mesure que l'animal produit de l'acide carbonique, cet acide carbonique se dissout dans la potasse L : il en résulte une dépression dans la cloche P. Le flotteur du manomètre J s'abaisse, et un fil de platine *z*, placé à côté, vient plonger dans le mercure O. Immédiatement le déclanchement de l'appareil a lieu commo précédemment, le style avance d'un degré, la clochette H se soulève et laisse entrer dans la cloche P non pas de l'air,

mais de l'oxygène pur contenu en N. L'atmosphère de la cloche P se trouve ainsi reconstituée et demeure normale. Le style enregistre les quantités toujours égales d'oxygène qui restent dans la cloche à chaque diminution égale de la pression. La courbe tracée sur le cylindre est donc bien la représentation de la respiration de l'animal.

Nous nous sommes arrêté à cette forme un peu compliquée d'appareil, toutes les autres méthodes que nous avons précédemment essayées (enregistrement de la pression produite, des mouvements d'un gazomètre, de l'écoulement d'un liquide, numération des bulles gazeuses, etc.) ne nous ayant donné que des résultats peu exacts ou des courbes qui n'étaient pas l'expression de la réalité et qui avaient besoin d'être interprétées.

110. — Régulateur de température fonctionnant sans le secours du gaz d'éclairage.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882. Voyez aussi *la Nature* du 8 juillet.)

Dans un bain d'eau plonge un thermomètre électrique, c'est-à-dire un thermomètre ouvert par en haut, dans le tube duquel pénètre un fil de platine très fin qu'on peut élever ou abaisser et arrêter définitivement devant un degré quelconque de la division. Le mercure de la boule du thermomètre est en communication par un fil soudé dans le verre avec le pôle d'une pile Leclanché ou Daniell. Le fil de platine supérieur étant en rapport avec l'autre pôle, dès que le mercure, en se dilatant, viendra toucher ce pôle, le courant sera fermé : on pourra faire fermer le courant à telle division que l'on voudra.

Sur le trajet de ce courant se trouve un électro-aimant dont la palette, munie d'un long levier, porte une lampe à essence de pétrole. Quand le courant ne passe pas, cette lampe est placée sous l'étuve; dès que le courant passe, la palette de l'électro-aimant est attirée, et la lampe entraînée au loin. L'étuve ne chauffe donc plus. Presque aussitôt, le thermomètre se refroidissant, la colonne mercurielle quitte le curseur de platine. Aussitôt le courant est rompu, l'électro-aimant est inactif, et un ressort antagoniste ramène la lampe à pétrole sous l'étuve, et ainsi de suite indéfiniment.

On voit que la température de l'étuve ne saurait varier, puisque, dès

qu'elle s'élève, la source de chaleur est enlevée; dès qu'elle s'abaisse, la source de chaleur est ramenée. Cette étuve, comme une autre que nous avons déjà fait connaître, a encore l'avantage d'être instantanément réglée à telle température que l'on désire, puisqu'il suffit pour cela d'amener d'un coup le fil de platine au-devant du degré que l'on veut avoir.

111. — Sur une lampe à incandescence sans gaz ni électricité.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882. Voyez aussi *la Nature*, 8 avril 1882.)

J'ai eu l'idée, pour avoir une lumière vive, de faire brûler sur une toile métallique en platine un mélange d'air et de vapeur de pétrole.

Il en résulte une chaleur intense qui porte au blanc les fils de platine; de là une lumière égale à la moitié environ de la lumière oxhydrique.

L'appareil est très simple; c'est un bec de Bunsen ordinaire, terminé par une petite cage en fil de platine. Au lieu d'envoyer du gaz dans ce bec Bunsen, on y fait arriver un mélange d'air et de vapeur de pétrole suivant le procédé connu depuis longtemps et utilisé récemment par les nombreux inventeurs de thermocautères. Un simple soufflet de cuisine à deux vents ou une poire de Richardson sont très suffisants pour provoquer ce courant d'air.

Pour diriger toute la lumière dans un seul sens, on peut recouvrir le bec Bunsen d'un ajutage ayant la forme d'un pavillon de trompette fermé précisément par un treillis de platine. Il suffit de régler par l'anneau du bec Bunsen l'arrivée du mélange d'air et de vapeur pour avoir, tout le temps qu'on souffle, une lumière extrêmement vive.

Si, au lieu de se servir d'un soufflet, on envoie le courant d'air par un ventilateur ou une trompe, on peut alimenter un nombre considérable de becs et éclairer, avec une lumière qui a l'aspect et la puissance des lampes électriques à incandescence, des salles, des usines, etc., dans les pays où le gaz n'existe pas. Mon appareil dérive du bec Bourbouze, mais il a sur lui cette supériorité qu'il n'exige pas de gaz d'éclairage.

Il pourra servir aux médecins pour les examens laryngoscopiques et otoscopiques. Il a encore un avantage appréciable : il ne coûte presque rien et ne dépense que quelques centimes par heure quand il fonctionne au *maximum*.

112. — Sur un appareil destiné à pratiquer la respiration artificielle.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1882.)

Les moyens qui sont à notre disposition aujourd'hui pour réaliser cette respiration sont très compliqués. Ou bien il faut tourner à la main la manivelle d'un soufflet, ce qui nécessite un aide uniquement occupé à cette opération, ou bien on se sert d'une machine à eau coûteuse et ne fonctionnant

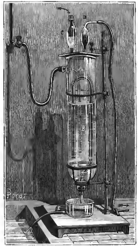


Fig. 53.

que sous une très forte pression d'eau. Il résulte de là que beaucoup de laboratoires, surtout en province, où la pression manque, sont complètement privés des moyens de faire facilement la respiration artificielle.

Mon appareil fonctionne simplement avec un courant d'eau sans pression, il dépense fort peu et coûte si bon marché que chacun peut le fabriquer dans son laboratoire.

Il se compose d'un vase conique A, fermé en haut par une plaque rodée, maintenue bien appliquée par une vis de pression. Dans l'intérieur de ce vase plonge un tube de verre en communication par un caoutchouc avec le robinet d'eau. Dans l'appareil se trouve un second tube B très large, ayant la forme d'un siphon de vase de Tantale. Ce gros tube B traverse un bouchon de caoutchouc qui ferme en bas l'appareil A; il aboutit à un vase quelconque E, où l'eau se déversera tout à l'heure.

La plaque supérieure est percée de deux trous. Dans l'un est luté un tube de verre C, où se trouve une soupape de caoutchouc; dans l'autre est enfoncé le tube D, muni d'une soupape inverse de la première.

Voici comment fonctionne l'appareil : On ouvre le robinet d'eau. Celle-ci pénètre dans le vase A, elle le remplit et chasse l'air par la soupape D et le tube F jusque dans le poumon de l'animal en expérience. Puis, dès que l'eau arrive à la crosse du tube B, le siphon de Tantale que constitue ce tube s'amorce, et, comme ce tube B est trois fois plus gros que le conduit de l'eau, le vase se vide très rapidement, bien que l'eau continue à y entrer.

Cette évacuation produit une aspiration, fait pénétrer de l'air par la soupape C.

Quand l'eau arrive en bas du tube B, le siphon se désamorce.

Immédiatement, le vase se met à se remplir de nouveau en produisant l'insufflation, et cela se reproduit ainsi indéfiniment sans qu'on s'en occupe et avec une rapidité qui varie suivant la quantité dont on a ouvert le robinet d'eau.

L'appareil peut encore servir à ventiler des aquariums d'eau de mer.

113. — Note sur un nouvel instrument pour l'aspiration des liquides pathologiques contenus dans les cavités naturelles ou accidentelles.

(*Comptes rendus de la Société de biologie*, 1872. Académie de médecine, 1872.)

Au moment où survint à l'Académie de Médecine la discussion sur la thoracentèse, nous avons proposé un dispositif fort simple, qui permettait d'improviser partout la ponction capillaire.

Un ballon terminé par un robinet contient quelques gouttes d'eau. On

les porte à l'ébullition; la vapeur chasse l'air. On ferme le robinet : la vapeur se condense et le vide est fait. Il suffit d'armer ce ballon d'un trocart capil-

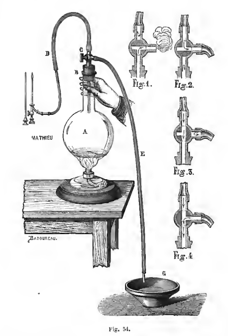


Fig. 54.

laire pour être en possession d'un appareil simple qui réalise les conditions du vide préalable.

VI

PUBLICATIONS DIVERSES & CONFÉRENCES

114. — Les maladies épidémiques de l'esprit.

Un volume grand in-8° avec 120 gravures. Paris, 1887. Plon et Nourrit, éditeurs.

115. — Sommeil et somnambulisme.

Conférence faite à la Sorbonne le 5 mars 1881.

116. — Les sorcières.

Conférence faite à la Sorbonne le 12 mars 1882.

117. — Deux poisons à la mode : la morphine et l'éther.

Conférence faite à la Sorbonne le 21 mars 1885.

118. — Le délire des grandeurs.

Conférence faite à la Sorbonne le 10 avril 1886.

119. — La constitution de la lumière.

Leçon faite à Épernay pour l'inauguration des conférences du soir, le 12 juin 1884.

120. — L'enseignement par l'aspect.

Conférence populaire faite par ordre du Ministère de l'Instruction publique le 24 février 1884 à Rebais (Seine-et-Marne).

121. — La lanterne magique à l'école.

Conférence populaire faite pour le compte du Ministère de l'Instruction publique à Melun le 14 février 1884.

122. — Histoire d'un rayon de soleil.

Conférence faite à Compiègne le 6 mars 1884 pour l'inauguration des leçons du soir créées par le Ministère de l'Instruction publique.

123. — Le mont Blanc.

Conférence faite à Laon pour l'inauguration des conférences du soir créées par le Ministère de l'Instruction publique, le 5 mars 1883.

Coulommiers. — Imp. P. Brodard et Gallois.